



TUGAS AKHIR - RE 141581

MODEL DISPERSI GAS METANA AKIBAT LEDAKAN ATAU KEBOCORAN PADA INDUSTRI PENGOLAHAN MINYAK MENGGUNAKAN PROGRAM ALOHA

SARAS HANIFATI SETIYONO

03211440000089

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - RE 141581

**MODEL DISPERSI GAS METANA AKIBAT
LEDAKAN ATAU KEBOCORAN PADA
INDUSTRI PENGOLAHAN MINYAK
MENGUNAKAN PROGRAM ALOHA**

SARAS HANIFATI SETIYONO
03211440000089

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - RE 141581

METHANE DISPERSION MODEL DUE TO EXPLOSION OR LEAKAGE IN REFINERY UNIT USING ALOHA SOFTWARE

SARAS HANIFATI SETIYONO
03211440000089

SUPERVISOR
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

MODEL DISPERSI GAS METANA AKIBAT LEDAKAN ATAU KEBAKARAN PADA INDUSTRI PENGOLAHAN MINYAK MENGGUNAKAN PROGRAM ALOHA

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan

Oleh :

Saras Hanifati Setiyono
NRP. 03211440000089

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.
NIP. 19660116 1997031 001



MODEL DISPERSI GAS METANA AKIBAT LEDAKAN ATAU KEBOCORAN PADA INDUSTRI PENGOLAHAN MINYAK MENGGUNAKAN PROGRAM ALOHA

Nama Mahasiswa : Saras Hanifati Setiyono
NRP : 03211440000089
Department : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.

ABSTRAK

Minyak bumi adalah campuran kompleks dari hidrokarbon paraffin, oleifinat, dan aromatik serta senyawa yang mengandung nitrogen, oksigen, sulfur, dan berbagai senyawa organik dan anorganik yang mengandung logam. Metana merupakan gas yang bersifat lebih ringan di udara, mudah terbakar, tidak berbau, dan tidak berwarna. Metana merupakan suatu alkana. Alkana secara umum mempunyai sifat sukar bereaksi (memiliki afinitas kecil) sehingga bisa disebut sebagai paraffin. Selain itu, lokasi kilang dekat dengan permukiman warga. Oleh karena itu perlu dilakukan permodelan dispersi gas metana untuk mengetahui jarak persebaran dampak dari gas metana.

Model yang digunakan untuk memodelkan dispersi gas metana adalah dengan menggunakan *software* ALOHA 5.4.7. ALOHA adalah aplikasi yang disediakan oleh *National Oceanic and Administration Atmospheric* (NOAA) dan *Environmental Protection Agency* (EPA). Pada penelitian ini, titik yang akan diamati berjumlah 2 titik yaitu pada *Crude Distillation Unit* (CDU) untuk *tank source* dan pipa dari CDU menuju flare untuk *pipeline source*. Gas yang akan dibahas adalah gas metana. *Threat zone* yang akan dimodelkan pada penelitian ini adalah *flammable area* dan *toxic area*. Variabel yang digunakan adalah kecepatan angin dan kestabilan atmosfer serta tekanan pada tangki untuk *tank source*. Data yang dibutuhkan adalah data sekunder berupa data meteorologi dan data sumber emisi.

Hasil analisis dengan menggunakan ALOHA 5.4.7 menunjukkan jarak terjauh pada model *pipeline source* adalah 7300 meter untuk *flammable area* dan 996 meter untuk *toxic area*. Sedangkan jarak terjauh pada model *tank source* adalah

248 meter untuk *flammable area* dan 46 meter untuk *toxic area*. Jarak terjauh ini terjadi pada kondisi kecepatan angin minimal (1,22 knot) dan stabilitas atmosfer F (stabil) serta tekanan 1,5 kg/cm² untuk *tank source*. Setelah melakukan analisis, kemudian dapat melakukan penilaian potensi risiko dan manajemen risiko. Manajemen risiko dapat digunakan sebagai acuan dalam membuat SOP.

Kata Kunci : ALOHA 5.4.7, *Crude Distillation Unit*, Dispersi Gas Metana, Gas Metana, Manajemen Risiko, *Threat Zone*

Methane Dispersion Model Due to Explosion or Leakage In Refinery Unit Using ALOHA Software

Student Name : Saras Hanifati Setiyono
Student ID : 03211440000089
Department : Teknik Lingkungan
Supervisor : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.

ABSTRACT

Crude oil is a complex mixture of paraffinic, olefinic, and aromatic hydrocarbons as well as nitrogen, oxygen, sulfur containing compounds and traces of a variety of metal containing organic and inorganic compounds. Methane is a lighter gas in the air, flammable, odorless, and colorless. Methane is an alkane. Alkanes in general have a difficulty to react (has a small affinity) so that it can be called as paraffin. Besides, the location of the refinery is close to the residential area. Therefore, it is necessary to model the methane dispersion to determine the distance of distribution impact of the methane.

The model that used to model the methane dispersion is by using ALOHA 5.4.7 software. ALOHA is an application provided by National Oceanic and Administration Atmospheric (NOAA) and Environmental Protection Agency (EPA). In this study, there are 2 points to be observed that is Crude Distillation Unit (CDU) for tank source and pipes from CDU to flare for pipeline source. The gas to be observed is methane. Threat zone which will be modeled in this study are flammable area and toxic area. Variable to be used are wind speed, atmospheric stability, and tank pressure for tank source. The required data are secondary data such as meteorological data and emission source data.

The results of analysis by using ALOHA 5.4.7 showed the farthest distance on the pipeline source model is 7300 meter for flammable area and 996 meter for toxic area while the farthest distance on the tank source model is 248 meter for flammable area and 46 meter for toxic area. This farthest distance occurs in conditions of minimum wind speed (1,22 knot), atmospheric stability F (stable), and pressure of 1,5 kg/cm² for tank source. After doing the analysis, then can do the assessment of the

potensial risks and risk management. Risk management can be used as a reference in making SOP.

Key Words : ALOHA 5.4.7, Crude Distillation Unit, Methane, Methane Dispersion, Risk Management, Threat Zone

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya hingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) dengan judul “Model Dispersi Gas Metana Akibat Ledakan Atau Kebocoran Pada Industri Pengolahan Minyak Menggunakan Program ALOHA” dengan baik. Penelitian ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama proses pelaksanaan penelitian tugas akhir ini, penyusun telah banyak mendapatkan dukungan dari berbagai pihak sehingga pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, kesabaran, saran - saran, dan kepercayaan kepada penyusun sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST, MEPM., Dr. Abdu Fadli Assomadi dan Dr. Harmin Sulistiyaning Titah, ST, MT selaku dosen pengarah tugas akhir yang telah memberikan bimbingan dan saran dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.
3. Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng selaku dosen wali selama masa perkuliahan penyusun dan dosen – dosen lain atas waktu diskusi dan saran yang telah diberikan.
4. PT Pertamina RU IV Cilacap yang telah membantu dalam kelancaran kelengkapan data penyusun.

Penyusun juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga penyusun yang selalu mendukung dan memberikan semangat apapun kegiatan penyusun.

Penyusunan laporan ini telah diupayakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kekurangan. Segala saran dan masukan sangat diharapkan demi pengembangan penelitian ini. Semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Surabaya, Juni 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kegiatan Industri Minyak dan Gas Bumi	5
2.2 Proses Pengolahan di Industri Migas	5
2.3 <i>Crude Distillation Unit (CDU)</i>	6
2.4 Bahaya Pada Industri Migas	8
2.5 Komposisi Minyak Bumi	9
2.6 Metana (CH ₄)	11
2.7 Bahaya Emisi Gas Metana	11
2.8 Model Dispersi Pencemar Udara	12
2.8.1 Model <i>Gaussian</i>	15
2.8.2 ALOHA (<i>Areal Location Of Hazardous Atmosphere</i>)	17
2.8.3 <i>Threat Zone</i>	19
2.8.4 <i>Windrose</i>	20
2.9 Manajemen Risiko	20
2.10 Langkah – Langkah Penggunaan Program ALOHA	21
5.4.7	21
2.11 Penelitian Terdahulu	28
BAB 3 METODE PENELITIAN	31
3.1 Umum	31
3.2 Kerangka Penelitian	31
3.3 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	31
3.3.1 Latar Belakang Penelitian	31

3.3.2	Merumuskan Ide Penelitian	32
3.3.3	Persiapan Awal.....	33
3.3.4	Pengumpulan Data	34
3.3.5	Membuat <i>Windrose</i>	34
3.3.6	Menghitung Beban Emisi Gas metana	35
3.3.7	Penyusunan Model.....	36
3.3.8	Analisa Model dan Pembahasan	39
3.3.9	Pendekatan Model ALOHA.....	41
3.3.10	Kesimpulan dan Saran	42
BAB 4 PEMBAHASAN.....		43
4.1	Beban Emisi Gas metana.....	43
4.2	<i>Windrose</i>	44
4.3	Skenario ALOHA.....	44
4.4	Input Data pada <i>Software</i> ALOHA.....	47
4.4.1	Data Meteorologi	47
4.4.2	Data Karakteristik Emisi.....	48
4.4.3	Data Sumber Emisi.....	49
4.5	Standar Baku Pembanding	50
4.6	Analisa Dispersi Emisi Gas metana	50
4.6.1	Analisa Dispersi Emisi <i>Pipeline Source</i>	54
4.6.2	Analisa Dispersi Emisi <i>Tank Source</i>	55
4.7	Pendekatan Model ALOHA	56
4.8	Manajemen Risiko.....	60
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		69
5.1	Kesimpulan	69
5.2	Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....		71
BIOGRAFI PENULIS		119

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar Bahaya Potensial	9
Tabel 2.2 Komposisi Hidrokarbon	10
Tabel 2.3 Nilai Fungsi Stabilitas Atmosfer	16
Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu.....	28
Tabel 3.1 Data Sekunder dan Sumber Data.....	34
Tabel 3.2 Variabel Penelitian.....	36
Tabel 3.3 Matriks Skenario <i>Pipeline Source</i>	36
Tabel 3.4 Matriks Skenario <i>Tank Source</i>	37
Tabel 3.5 Skala <i>Probability</i> Standar AS/NZS 4360	39
Tabel 3.6 Skala <i>Severity</i> Standar AS/NZS 4360	40
Tabel 3.7 Skala <i>Risk Matrix</i> Standar AS/NZS 4360	40
Tabel 3.8 <i>Major Hazard Management Plan Worksheet</i>	41
Tabel 4.1 Beban Emisi Gas Metana pada CDU	44
Tabel 4.2 Skenario <i>Pipeline Source</i>	45
Tabel 4.3 Skenario <i>Tank Source</i>	46
Tabel 4.4 Data Meteorologi yang Digunakan	48
Tabel 4.5 Standar Pembanding ALOHA.....	50
Tabel 4.6 Hasil Analisa Dispersi <i>Flammable Area</i> pada <i>Pipeline Source</i>	51
Tabel 4.7 Hasil Analisa Dispersi <i>Toxic Area</i> pada <i>Pipeline Source</i>	51
Tabel 4.8 Hasil Analisa Dispersi <i>Flammable Area</i> pada <i>Tank Source</i>	52
Tabel 4.9 Hasil Analisa Dispersi <i>Toxic Area</i> pada <i>Tank Source</i>	53
Tabel 4.10 Skenario Pendekatan Model ALOHA	57
Tabel 4.11 Hasil Simulasi Menggunakan RMP*Comp dan ALOHA	57
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Nilai Korelasi	59
Tabel 4.13 Hasil Penilaian Potensi Risiko	60

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kegiatan Industri Perminyakan Nasional	7
Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Kilang Minyak	7
Gambar 2.3 Proses Kerja <i>Crude Distillation Unit</i> (CDU).....	8
Gambar 2.4 Ilustrasi Dispersi Pencemaran Udara	13
Gambar 2.5 Sistem Koordinat Sebaran Asap yang Memperlihatkan Distribusi Gauss.....	16
Gambar 2.6 Contoh <i>Windrose</i>	20
Gambar 2.7 Kotak Dialog Input Data Lokasi	23
Gambar 2.8 Kotak Dialog Input Data Emisi Yang Akan di Analisa	23
Gambar 2.9 Kotak Dialog 1 Input Data Meteorologi	24
Gambar 2.10 Kotak Dialog 2 Input Data Meteorologi	24
Gambar 2.11 Kotak Dialog 1 Sumber Emisi <i>Tank</i>	25
Gambar 2.12 Kotak Dialog 2 Sumber Emisi <i>Tank</i>	25
Gambar 2.13 Kotak Dialog 3 Sumber Emisi <i>Tank</i>	26
Gambar 2.14 Kotak Dialog 4 Sumber Emisi	26
Gambar 2.15 Kotak Dialog 1 Sumber Emisi <i>Gas Pipeline</i>	27
Gambar 2.16 Kotak Dialog 2 Sumber Emisi <i>Gas Pipeline</i>	27
Gambar 2.17 Kotak Dialog Analisa Risiko.....	28
Gambar 3.1 Diagram Alir Kerangka Penelitian.....	33
Gambar 4.4 Input Data Zat Kimia.....	58
Gambar 4.5 Input Data Sumber Emisi.....	58
Gambar 4.1 Visualisasi <i>Threat Zone</i> Skenario 9 (<i>Flammable Area</i>).....	65
Gambar 4.2 Visualisasi <i>Threat Zone</i> Skenario 18 (<i>Toxic Area</i>)..	66
Gambar 4.3 Visualisasi <i>Threat Zone</i> Skenario 27 (<i>Flammable Area</i>)	67

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	77
LAMPIRAN 2	91
LAMPIRAN 3	93
LAMPIRAN 4	113
LAMPIRAN 5	115

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Pertamina RU (*Refinery Unit*) IV Cilacap merupakan salah satu unit operasi dari Direktorat Hilir Pertamina yang memiliki kapasitas terbesar yaitu 348.000 barrel/hari dan terlengkap fasilitasnya. Pada kilang ini terdapat kilang minyak dan kilang Paraxylene. Kilang utama disebut dengan *Fuel Oil Complex* (FOC) dan kilang pelumas disebut dengan *Lube Oil Complex* (LOC). Bahan baku (minyak mentah) diolah di FOC untuk menghasilkan bahan bakar minyak (BBM) sebagai produk utama dan *long residue* sebagai bahan baku untuk LOC untuk diolah dan menghasilkan bahan dasar minyak pelumas (*Lube Oil Base Stock* (LOBS)) dan *asphalt component*.

Minyak bumi adalah campuran kompleks dari hidrokarbon paraffin, olefinat, dan aromatik serta senyawa yang mengandung nitrogen, oksigen, sulfur, dan berbagai senyawa organik dan anorganik yang mengandung logam (Varjani *et al.*, 2015). Selain itu, minyak bumi juga dapat diartikan sebagai campuran kompleks yang terdiri dari 200 atau lebih senyawa organik yang berbeda dan sebagian besar adalah alkana (hidrokarbon ikatan tunggal pada bentuk C_nH_{2n+2}) dan aromatik fraksi yang lebih kecil (molekul enam cincin seperti benzena C_6H_6). Setiap minyak bumi mengandung kombinasi dan konsentrasi yang berbeda – beda untuk setiap senyawa penyusunnya (Devold, 2013).

Langkah pertama dalam proses pengolahan minyak adalah memisahkan minyak bumi menjadi beberapa fraksi yang terjadi pada *Crude Distillation Unit* (CDU) (Gary *et al.*, 2007). Metode pemisahan merupakan aspek penting karena kebanyakan materi yang terdapat di alam berupa campuran. Untuk memisahkan minyak bumi menjadi komponen – komponennya seperti LPG, bensin, dan minyak tanah dapat dilakukan dengan metode distilasi bertingkat (Hendayana, 2006)

Metana merupakan gas yang bersifat lebih ringan di udara, mudah terbakar, tidak berbau, dan tidak berwarna. Metana terbentuk oleh adanya ikatan kovalen antara empat atom C dan satu atom H. Metana merupakan suatu alkana. Alkana secara umum mempunyai sifat sukar bereaksi (memiliki afinitas kecil)

sehingga bisa disebut sebagai paraffin. Metana merupakan zat yang bersifat mudah terbakar (Putra, 2017). Pada kilang terdapat banyak risiko kecelakaan yang mengandung api, ledakan, keracunan, sesak napas, cedera listrik, cedera mekanis, kebisingan, dan getaran pada proses produksi (Hui dan Guoning, 2012).

Lepasnya gas atau uap yang mudah terbakar ke atmosfer secara tidak sengaja dapat menyebabkan pembentukan campuran *fuel-air* yang mudah terbakar yang akan terjadi jika tersedia sumber panas dan terdapat penyumbatan sehingga terjadi *over pressure* (Hui dan Guoning, 2012). Selain itu, emisi gas metana merupakan zat yang mudah terbakar yang berpotensi menyebabkan skenario berbahaya seperti kebakaran dan ledakan (Milazzo *et al.*, 2017). Oleh karena itu untuk mengetahui jarak persebaran dampak dari gas metana perlu dilakukan suatu pendekatan secara matematis. Permodelan merupakan suatu pendekatan secara matematis. Model matematis ledakan adalah salah satu yang mampu memberikan perkiraan ledakan yang realistis (Wang *et al.*, 2012). Model dispersi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah model *Areal Locations Of Hazardous Atmospheres* (ALOHA) yang merupakan pengembangan dari Model Dispersi Gaussian dan Bouyant Air Pollution Plumes. Model dispersi ALOHA adalah aplikasi yang disediakan oleh *National Oceanic and Administration Atmospheric* (NOAA) dan *Environmental Protection Agency* (EPA) dan merupakan pendekatan untuk penilaian *threat zone* (Tseng *et al.*, 2012).

Pada penelitian ini, titik yang akan diamati berjumlah 2 titik yaitu pada CDU untuk *tank source* dan pipa dari CDU menuju flare untuk *pipeline source*. Gas yang akan dibahas adalah gas metana karena gas metana bersifat mudah meledak. *Threat zone* yang akan dimodelkan pada penelitian ini adalah *flammable area* dan *toxic area*. Hasil akhir dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jarak aman permukiman dengan kilang dikarenakan besarnya potensi untuk terjadi ledakan atau kebakaran serta manajemen risiko yang dihasilkan dari emisi gas metana.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Berapakah beban emisi dari gas metana yang dihasilkan?
2. Bagaimanakah *threat zone* dari emisi gas metana?
3. Bagaimanakah manajemen risiko yang dihasilkan dari emisi gas metana?

1.3 Tujuan

1. Menghitung beban emisi gas metana yang dihasilkan pada unit CDU.
2. Menentukan *threat zone* dari emisi gas metana.
3. Melakukan manajemen risiko yang dihasilkan dari emisi gas metana.

1.4 Ruang Lingkup

Untuk mencapai hasil yang diinginkan, penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal. Ruang lingkup penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini dilakukan di PT. Pertamina RU IV Cilacap.
2. Titik yang diamati pada penelitian ini berjumlah 2 titik.
3. Data yang digunakan adalah data sekunder dari PT. Pertamina RU IV Cilacap dan BMKG Cilacap.
4. Emisi gas yang diteliti adalah gas metana.
5. *Software* yang digunakan adalah ALOHA 5.4.7.
6. Manajemen risiko lebih difokuskan pada aspek kesehatan masyarakat.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi mengenai *threat zone* dari dampak emisi gas metana.
2. Memberikan saran mengenai manajemen risiko kepada PT. Pertamina RU IV Cilacap.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kegiatan Industri Minyak dan Gas Bumi

Kegiatan industri minyak dan gas bumi terbagi menjadi kegiatan hulu (*upstream*) dan kegiatan hilir (*downstream*). Kegiatan hulu minyak adalah kegiatan yang berkaitan dengan eksplorasi dan eksploitasi minyak. Eksplorasi minyak merupakan kegiatan yang berkaitan dengan survey geologis dan geofisika, survei seismik untuk menentukan cadangan minyak baru. Sedangkan kegiatan eksploitasi adalah kegiatan mengambil atau memproses minyak yang telah ditemukan. Kegiatan usaha di industri hulu migas menghasilkan minyak mentah, gas alam, dan kondensat.

Kegiatan hilir minyak merupakan usaha pengolahan, pengangkutan, penyimpanan, dan usaha niaga dari produksi industri hulu kepada pengguna akhir (*end user*). Hasil industri hulu minyak diteruskan oleh industri hilir untuk diekspor, disimpan untuk kemudian diolah atau langsung diolah. Hasil olahan minyak kemudian didistribusikan ke *end user*. Impor minyak juga dilakukan untuk memenuhi kebutuhan bahan pengolahan maupun untuk BBM. Kegiatan usaha hilir menghasilkan bahan bakar dan non bahan bakar. Produk – produk bahan bakar meliputi :

- gasoline (antara lain premium, pertamax, pertamax plus)
- gasoil/solar (ADO dan IDO) ; *fuel oil* (DCO, MFO, dan IFO)
- bahan bakar khusus (avtur dan avgas)
- bahan bakar gas (propan dan butan)

Produk – produk non bahan bakar meliputi minyak pelumas (*lube*), aspal, ready wax, naptha, LSWR, *green coke*, berbagai macam *solvent*, *olefin (propylene)* dan produk – produk petrokimia lainnya (Kuncoro *et al.*, 2009). Kegiatan industri minyak bumi dapat dilihat pada Gambar 2.1.

2.2 Proses Pengolahan di Industri Migas

Menurut Hardjono dalam Suryani (2012), sifat – sifat minyak mentah sangat bervariasi dan jenis produk yang dapat dihasilkan juga sangat banyak, maka istilah kilang tidaklah memberikan gambaran yang jelas mengenai operasi – operasi

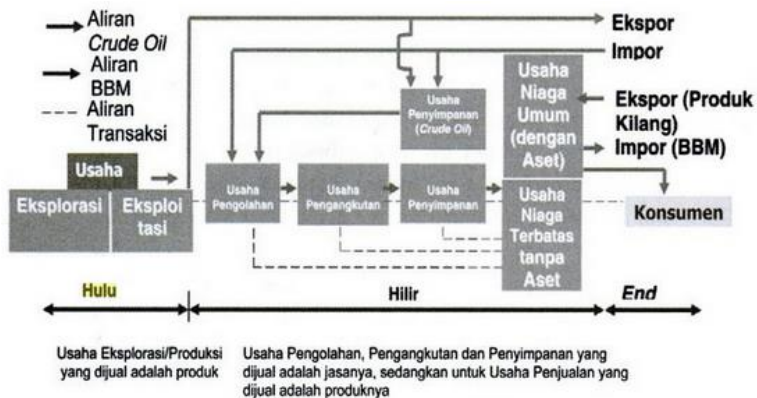
apa saja yang dilakukan oleh suatu kilang. Suatu operasi yang tentu dijumpai dalam semua kilang adalah destilasi yang memisahkan minyak bumi ke dalam fraksi – fraksinya berdasarkan titik didihnya. Operasi lainnya dapat sedikit atau banyak jumlahnya, dapat sederhana atau kompleks, tergantung pada produk – produk yang akan dibuat. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa tidak ada dua buah kilang minyak yang mempunyai skema proses pengolahan yang sama. Kegiatan industri perminyakan secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan proses minyak mentah diubah menjadi berbagai macam produk secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.2.

2.3 Crude Distillation Unit (CDU)

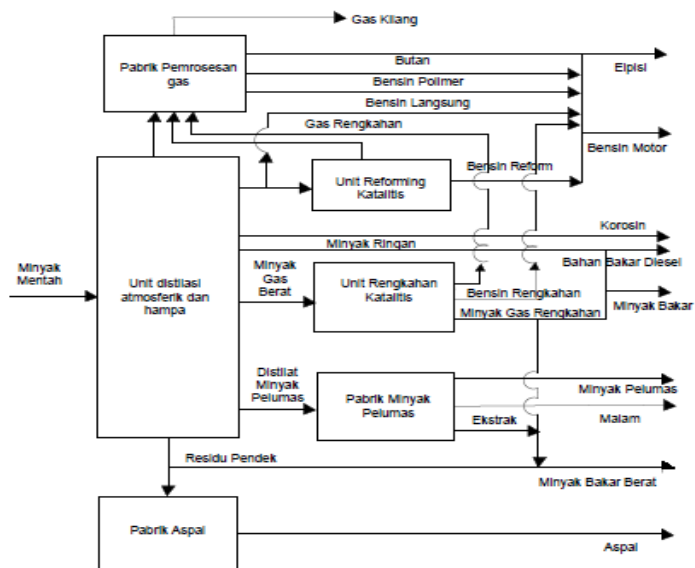
Minyak bumi dalam bentuk mentah (feed) tidak dapat digunakan secara langsung dan baru akan berguna setelah melalui serangkaian pengolahan seperti yang dilakukan di kilang. Secara umum, minyak mentah setelah didistilasi akan menghasilkan empat kelompok produk ketika dipecah menjadi fraksi yaitu *naphtha*, *middle distillates* (*kerosene* dan *light gas oil*), *heavy gas oil/vacuum gas oil*, dan residu (Speight, 2018). Produk tipikal yang dihasilkan dari unit CDU yaitu:

- Gas
- *Light straight run naphtha* (bisa disebut juga *light gasoline* atau *light naphtha*)
- *Heavy gasoline* (bisa disebut bahan bakar jet militer)
- *Middle distillates* (solar atau *Light Gas Oil* (LGO))
- *Heavy distillates* (*Atmospheric Gas Oil* (AGO) atau *Heavy Gas Oil* (HGO))
- *Crude column bottoms* (*atmospheric residue*)

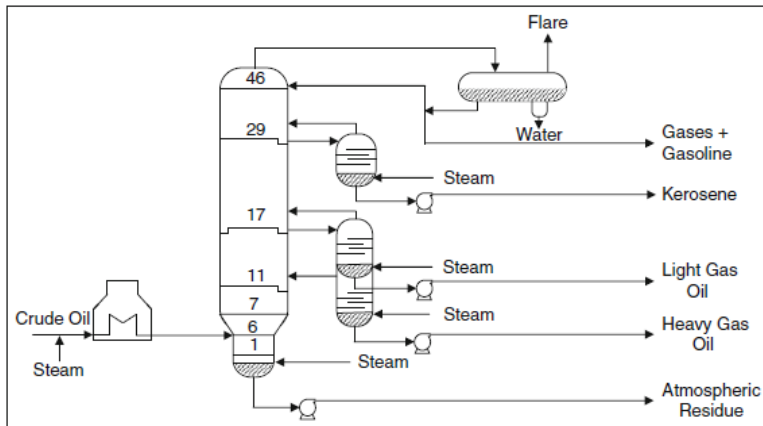
Minyak mentah yang telah dihilangkan kandungan garamnya dipanaskan pada *heat exchanger* (*preheating*). Kemudian minyak mentah dialirkan menuju *furnace* dan sebagian akan diuapkan dalam *furnace*. Minyak mentah yang menguap itu kemudian dialirkan menuju CDU (Fahim *et al.*, 2010). Proses yang terjadi pada CDU dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.1 Kegiatan Industri Perminyakan Nasional
Sumber : Yusgiantoro (2005)



Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Kilang Minyak



Gambar 2.3 Proses Kerja *Crude Distillation Unit* (CDU)

2.4 Bahaya Pada Industri Migas

Bahaya kerja (*work hazard*) adalah suatu sumber potensi kerugian atau suatu situasi yang berhubungan dengan pekerja, pekerjaan, dan lingkungan kerja yang berpotensi menyebabkan gangguan/kerugian. Industri yang bergerak pada bidang minyak dan gas bumi memiliki risiko tinggi, yaitu pada kegiatan pengeboran dan pengelolaan. Selain itu, pada kegiatan pengolahan dan distribusi juga memiliki risiko yang hampir sama dengan sektor hulu. Risiko ini meliputi aspek finansial, kecelakaan, kebakaran, ledakan maupun penyakit akibat kerja dan dampak lingkungan. Secara umum bahaya yang timbul pada kilang minyak, meliputi:

- 1) Jenis pekerjaan, berhubungan dengan bahaya mekanik dan bahan kimia
- 2) Crude Oil, berhubungan dengan bahaya uap gas, cairan yang mudah meledak, dan keracunan sulfur
- 3) Cuaca, misalnya petir (Suryani, 2012)
- 4) Kebakaran
- 5) Lepasnya senyawa hidrokarbon dari jalur pipa (Citro dan Gagliardi, 2012)

Menurut Budiono *et al.* dalam Suryani (2012), bahan berbahaya khususnya bahan kimia adalah bahan – bahan yang

dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan pada setiap tingkat pekerjaan yang dilakukan seperti penyimpanan, pengangkutan, penggunaan, pembuatan, dan pembuangan. Ada beberapa panduan daftar bahaya potensial yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Daftar Bahaya Potensial

No	Uraian	Bahaya Potensial
1	Lingkungan Kerja	<ol style="list-style-type: none"> 1. Udara kotor 2. Temperatur ekstrim <ol style="list-style-type: none"> a. Kontak dengan benda panas atau dingin b. Terkena lingkungan panas atau dingin 3. Tekanan Mental <ol style="list-style-type: none"> a. Gertakan/gangguan b. Kekerasan c. Kerja shift
2	Energi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kebisingan <ol style="list-style-type: none"> a. Bising tiba – tiba b. Bising dalam waktu lama
3	Zat Kimia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kontak dengan zat kimia 2. Kebakaran dan ledakan 3. Debu dan gas 4. Asap, uap, dan kabut
4	Pekerjaan Manual	Ergonomis (desain tempat kerja tidak baik)

(Suardi,2005)

2.5 Komposisi Minyak Bumi

Minyak bumi dan gas alam adalah campuran kompleks hidrokarbon dan senyawa – senyawa organik lain. Komponen hidrokarbon adalah komponen yang paling banyak terkandung di dalam minyak bumi dan gas alam. Gas alam terdiri dari alkana suku rendah, yaitu metana, etana, propana, dan butana. Selain alkana juga terdapat berbagai gas lain seperti karbondioksida (CO_2) dan hidrogen sulfida (H_2S), beberapa sumur gas juga mengandung helium.

Hidrokarbon yang terkandung dalam minyak bumi terutama adalah alkana dan sikloalkana. Senyawa lain yang terkandung di dalam minyak bumi diantaranya adalah sulfur, oksigen, nitrogen

dan senyawa-senyawa yang mengandung konstituen logam terutama Nikel, Besi dan Tembaga. Komposisi minyak bumi sangat bervariasi dari satu sumur ke sumur lainnya dan dari daerah ke daerah lainnya. Perbandingan unsur - unsur yang terdapat dalam minyak bumi sangat bervariasi. Berdasarkan hasil analisa, diperoleh data sebagai berikut :

- Karbon : 83,0 - 87,0 %
- Hidrogen : 10,0 - 14,0 %
- Nitrogen : 0,1 - 2,0 %
- Oksigen : 0,05 - 1,5 %
- Sulfur : 0,05 - 6,0 %

Struktur hidrokarbon yang ditemukan dalam minyak mentah:

1. Alkana (parafin) C_nH_{2n+2} , alkana ini memiliki rantai lurus dan tidak bercabang, fraksi ini merupakan yang terbesar di dalam minyak mentah.
2. Sikloalkana (napten) C_nH_{2n} , sikloalkana ada yang memiliki cincin 5 (lima) yaitu siklopentana ataupun cincin 6 (enam) yaitu sikloheksana.
3. Aromatik C_nH_{2n-6} , aromatik memiliki cincin 6, aromatik hanya terdapat dalam jumlah kecil, tetapi sangat diperlukan dalam bensin karena :
 - Memiliki harga anti knock yang tinggi
 - Stabilitas penyimpanan yang baik
 - Dan kegunaannya yang lain sebagai bahan bakar (fuels)

Komposisi hidrokarbon dibandingkan dengan senyawa lain dapat dilihat pada Tabel 2.2 (Fauzia, 2009).

Tabel 2.2 Komposisi Hidrokarbon

Komponen	Persen (%)
Senyawa Hidrokarbon	90 – 99
Senyawa Belerang	0.7 – 7
Senyawa Nitrogen	0.01 - 0.9
Senyawa Oksigen	0.01 - 0.4
Organo Logam	sangat kecil

Proporsi dari ketiga tipe hidrokarbon sangat tergantung pada sumber dari minyak bumi. Pada umumnya alkana merupakan hidrokarbon yang terbanyak tetapi kadang – kadang (disebut sebagai crude naphthenic) mengandung sikloalkana sebagai komponen yang terbesar, sedangkan aromatik selalu merupakan komponen yang paling sedikit (Nugroho, 2009).

2.6 Metana (CH₄)

Gas metana adalah gas yang mengandung satu atom karbon (C) dan empat atom hidrogen (H) yang memiliki sifat mudah terbakar. Gas metana (CH₄) adalah senyawa yang mudah terbakar (Bahrin *et al.*, 2011). Metana murni tidak berbau tetapi jika digunakan untuk keperluan komersial biasanya ditambahkan sedikit bau belerang untuk mendeteksi kebocoran yang mungkin terjadi (Fadli *et al.*, 2013). Menurut Kusuma (2012), metana merupakan komponen utama gas alam yang juga termasuk dalam Gas Rumah Kaca (GRK). Gas CH₄ merupakan insulator yang efektif, mampu menangkap panas 20 kali lebih banyak bila dibandingkan dengan CO₂. Gas CH₄ dilepaskan ke atmosfer selama produksi dan transportasi batu bara, gas alam, dan minyak bumi. Gas ini juga dihasilkan dari pembusukan limbah organik di tempat pembuangan sampah (*sanitary landfill*) dan proses pembusukan pada lahan gambut, sawah, dan rawa yang tergenang air, bahkan gas ini dapat dihasilkan oleh hewan – hewan tertentu, terutama dari sapi, kerbau, dan sejenisnya sebagai produk samping dari pencernaan.

2.7 Bahaya Emisi Gas Metana

Dampak negatif dari gas metana adalah saat seseorang terkena paparan gas metana. Gejala seseorang yang terkena paparan gas metana antara lain adalah sakit kepala, berkurangnya tingkat oksigen dalam tubuh, dehidrasi, mual, muntah, detak jantung lebih cepat, masalah kognitif (seperti mudah lupa, hilangnya memori), pusing, penglihatan kabur, kurangnya koordinasi motorik, mengalami flu, gelisah, lesu, dan lain sebagainya. Gas metana juga dapat menyebabkan ledakan apabila terkena percikan karena gas metana merupakan gas yang sangat mudah terbakar (Putra, 2017).

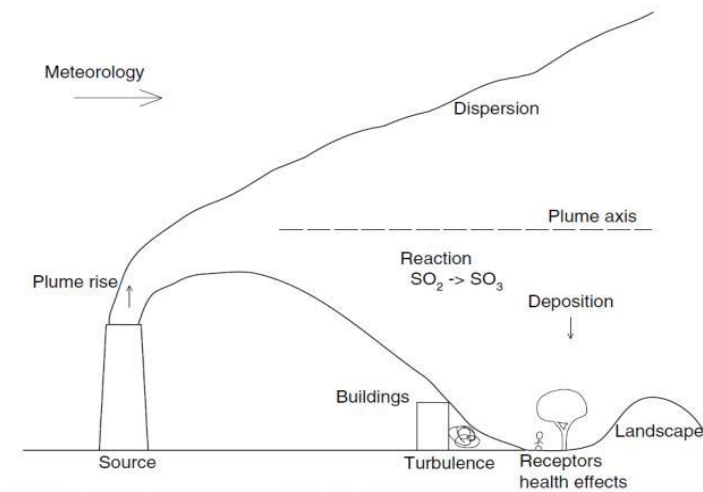
Semakin tinggi jumlah bahan kimia yang dilepaskan maka akan semakin besar area yang terkena *flammable cloud* dan semakin besar pula probabilitas uap bertemu dengan sumber panas dan menyebabkan ledakan. Selain itu jenis bahan kimia juga perlu diperhatikan, beberapa bahan kimia memiliki sifat sangat mudah menguap dan mudah terbakar. Metana merupakan zat reaktif sehingga mudah meledak jika bereaksi dengan api. Apabila ledakan terjadi, tidak hanya mengancam kehidupan dan harta benda manusia tetapi juga karena ledakan terjadi dalam waktu yang singkat membuat upaya untuk mengendalikan dan mencegah persebaran api menjadi sangat sulit (Inanloo dan Tansel, 2015).

2.8 Model Dispersi Pencemar Udara

Model dispersi adalah program komputer yang menggunakan algoritma matematika untuk mensimulasi dispersi polutan di udara ambien. Model dispersi digunakan untuk mengestimasi konsentrasi dari emisi yang berasal dari sumber emisi bergerak maupun sumber emisi tetap (Soleiman, 2008).

Model dispersi pencemar udara sangat penting untuk digunakan. Menurut Visscher (2014), ada beberapa alasan kegunaan model dispersi tergantung aplikasinya, yaitu:

- Tidak mungkin untuk mengukur kualitas udara di setiap lokasi yang relevan sepanjang waktu
- Jika terdapat sumber emisi baru yang akan direncanakan, model dispersi udara dapat memprediksi besaran dampak dari sumber tersebut
- Model dispersi dapat menentukan asal sumber emisi ketika polusi udara terjadi
- Model dispersi dapat menentukan reduksi emisi yang dibutuhkan ketika suatu sumber kegiatan menyebabkan masalah polusi udara
- Model dispersi udara dapat digunakan sebagai acuan perencanaan sistem tanggap darurat seperti kebocoran pipa



Gambar 2.4 Ilustrasi Dispersi Pencemaran Udara

Sumber : Visscher, 2014

Faktor – faktor yang mempengaruhi model dispersi adalah :

1) Temperatur

Temperatur/suhu udara merupakan variabel kritis udara, karena merupakan katalis utama kondisi iklim. Energi panas di udara berasal dari sinar matahari. Sebagian sinar matahari dipantulkan kembali ke udara oleh partikel – partikel dan awan sebelum mencapai bumi. Gurun pasir, salju, dan es mempunyai kemampuan yang tinggi untuk memantulkan kembali sinar matahari ke udara.

Pada troposfer, suhu udara ambien akan menurun jika ketinggian meningkat. Perubahan suhu seiring dengan ketinggian ini biasa disebut dengan *lapse rate*. Dengan menggunakan hukum gas ideal dan konversi energi, secara matematik dapat dihitung rasio perubahan temperature terhadap kondisi adiabatik. Laju penurunan suhu ini disebut *adiabatic lapse rate*. Suhu ambien dan *adiabatic lapse rate* ini menentukan stabilitas udara.

Kestabilan udara ini mempengaruhi dispersi polutan di udara.

2) Tekanan Udara

Tekanan juga merupakan variabel penting untuk udara karena udara mempunyai berat, maka seluruh udara tertekan ke bawah. Distribusi tekanan digambarkan secara isobar. Garis tekan rendah atau tinggi ini mempengaruhi cuaca pada tekanan tinggi, dimana langit cerah, polutan dapat terdispersi sampai tingkat yang tidak diinginkan. Sedangkan pada tekanan rendah, dimana langit berawan, dispersi minimal terjadi.

3) Arah dan Kecepatan Angin

Angin adalah pergerakan udara biasa. Arah angin ditentukan oleh tekanan rendah atau tinggi, tetapi tenaga Coriolis cenderung mendefleksikannya sehingga tidak mengikuti pola tekanan tersebut. Pada mesoscale dan microscale, topografi ikut mempengaruhi arah angin. Kecepatan angin diukur dengan anemometer. Apabila suatu data diplotkan pada *wind rose*, maka diperoleh frekuensi dan kecepatan angin pada lokasi tertentu.

4) Kelembaban Udara

Evaporasi, kemudian kondensasi dan akhirnya hujan merupakan siklus yang konstan di alam. Kelembaban dan kelembaban relatif mempengaruhi suhu udara sehingga juga mempengaruhi penyebaran polutan (Boedisantoso, 2002).

5) Stabilitas Atmosfer

Stabilitas atmosfer atau disebut juga dengan kategori stabilitas Pasquill terbagi menjadi dalam enam kelas, yaitu:

1. Kelas A = sangat tidak stabil
2. Kelas B = cukup tidak stabil
3. Kelas C = sedikit tidak stabil
4. Kelas D = netral
5. Kelas E = sedikit stabil
6. Kelas F = stabil (Wijayanti, 2012).

Ketika radiasi matahari relatif lemah atau tidak ada, udara di dekat permukaan memiliki kecenderungan berkurang untuk naik, dan lebih sedikit turbulensi berkembang. Atmosfer

dianggap stabil (kurang bergejolak) dan angin lemah (Leppert *et al.*, 2012).

2.8.1 Model *Gaussian*

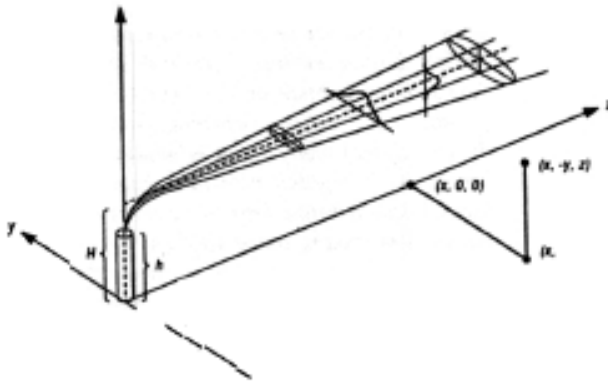
Model dispersi *Gauss* dapat menyatakan secara sederhana penyimpangan partikel di udara terhadap waktu. Banyaknya polutan yang dikeluarkan secara tetap dari cerobong asap akan terbawa angin dengan kecepatan tertentu dalam arah horizontal. Untuk polutan yang tidak bereaksi, massa polutan yang terkandung dalam setiap volume dan setiap jarak akan sama harganya. Akan tetapi kadarnya akan berkurang sesuai dengan bertambahnya jarak karena turbulensi atmosfer cenderung menyebarkan material ke arah horizontal dan vertikal. Kadar rata – rata polutan pada suatu titik akan berbanding terbalik terhadap lebar sebaran dan kecepatan angin.

Dalam sistem koordinat tiga dimensi, cerobong asap terletak pada titik pusat, dengan jarak jatuhnya asap dinyatakan oleh x, melebaranya asap dinyatakan oleh y, dan tinggi semburan asap dinyatakan oleh z. Gambar sebaran asap dapat dilihat pada Gambar 2.5 (Nauli, 2002). Persamaan dari model Gauss ini adalah:

$$C = \frac{Q}{2 \pi x u \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y^2}{\sigma_y^2} \right) \right] \left\{ \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{(z-h)^2}{\sigma_z^2} \right) \right] + \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{(z+h)^2}{\sigma_z^2} \right) \right] \right\} \quad \text{..... (2.1)}$$

Dimana :

- C = konsentrasi polutan pada suatu titik, g/m³
- Q = laju emisi polutan. g/detik
- u = kecepatan angin rata – rata, m/detik
- σ_y = standar deviasi konsentrasi *plume* arah horizontal, m
- σ_z = standar deviasi konsentrasi *plume* arah vertikal, m
- h = tinggi efektif sumber, m
- x = jarak downwind sepanjang centerline *plume* dari titik sumber, m
- y = jarak crosswind dari centerline *plume*, m
- z = tinggi di atas permukaan, m (Ruhiat, 2008)



Gambar 2.5 Sistem Koordinat Sebaran Asap yang Memperlihatkan Distribusi Gauss

Sumber:Nauli, 2002

Selain itu kecepatan angin juga akan berubah jika altitude berubah. Oleh karena itu untuk menentukan kecepatan angin pada ketinggian tertentu dapat menggunakan persamaan berikut ini:

$$u_2 = u_1 \left(\frac{z_2}{z_1} \right)^p \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

- u_2 = kecepatan angin pada sumber pencemar (m/s)
- u_1 = kecepatan angin pada ketinggian alat ukur (m/s)
- z_2 = ketinggian sumber pencemar (m)
- z_1 = ketinggian alat ukur (m)
- p = fungsi stabilitas atmosfer

Nilai p pada persamaan 2.2 dapat dilihat pada Tabel 2.3 (Hasibuan, 2014)

Tabel 2.3 Nilai Fungsi Stabilitas Atmosfer

Stabilitas Atmosfer	Rural	Urban
A	0,07	0,15
B	0,07	0,15

Stabilitas Atmosfer	Rural	Urban
C	0,10	0,20
D	0,15	0,25
E	0,35	0,40
F	0,55	0,60

Menurut Khare (2007), mengatakan bahwa persamaan dasar *Gaussian* diperoleh dengan menerapkan beberapa asumsi, antara lain:

- 1) Keadaan berada pada kondisi stabil, dimana dianggap emisi dari sumber selalu konstan (tetap)
- 2) Aliran seragam, dimana dianggap kecepatan angin konstan baik berdasarkan waktu maupun ketinggian.
- 3) Polutan bersifat konservatif dan tak ada kejatuhan akibat gravitasi.
- 4) Refleksi sempurna dari kepulan pada dasar permukaan, contoh tidak ada penyerapan oleh tanah.

2.8.2 ALOHA (*Areal Location Of Hazardous Atmosphere*)

ALOHA (*Areal Locations Of Hazardous Atmospheres*) adalah program permodelan dispersi yang mampu memperkirakan *threat zones* (zona berbahaya) terkait dengan pelepasan bahan kimia berbahaya termasuk *toxic vapor clouds*, nyala api, dan ledakan. Model ini mampu memprediksikan hasil pelepasan seketika bahan kimia dan memvisualisasikan daerah atau zona yang terkena dampak pada peta agar lebih memahami situasi dan luas wilayah yang terkena dampak. Model ini dapat melacak jejak bahan kimia dari ketika terjadi pelepasan hingga menjadi *vapor cloud* di udara, melalui *flammable cloud* yang pada akhirnya terbakar dan meledak (Inanloo dan Tansel, 2015)

Selain itu menurut Guarnaccia dan Hoppe (2008), ALOHA membuat banyak perkiraan untuk memberikan hasil dengan cepat. Hasil prediksi telah diperiksa terhadap perkiraan model serupa dan pengukuran yang dilakukan selama percobaan lapangan untuk memastikan hasil yang didapatkan adalah hasil yang akurat. Selain itu ALOHA mengharuskan pengguna untuk memiliki beberapa pemahaman dari parameter dasar yang terkait dengan atmosfer. Secara umum model ALOHA dapat

memberikan manfaat yang maksimal karena kemudahan dalam penggunaannya dan kemampuan estimasi emisi.

Secara garis besar, perangkat lunak ALOHA diciptakan untuk memprediksikan:

1. Tanggap darurat kebocoran bahan kimia
2. Perencanaan tanggap darurat kebocoran bahan kimia
3. Peningkatan kesiapsiagaan (Firdausyiah, 2012)

Model dispersi dengan *Areal Locations Of Hazardous Atmospheres* (ALOHA) merupakan pengembangan dari Model Dispersi Gaussian oleh Palazzi. Model ini menggambarkan keadaan *steady-state* dalam suatu kondisi singkat dari dispersi itu sendiri. Model ini digambarkan dalam persamaan 2.3.

$$C(x, y, z, t) = \begin{cases} \frac{\gamma}{2} \left[\operatorname{erf} \left[\frac{x}{\sigma_x \sqrt{2}} \right] - \operatorname{erf} \left[\frac{x-Ut}{\sigma_x \sqrt{2}} \right] \right] & \text{jika } (t \leq t_r) \\ \frac{\gamma}{2} \left[\operatorname{erf} \left[\frac{x-U(t-t_r)}{\sigma_x \sqrt{2}} \right] - \operatorname{erf} \left[\frac{x-Ut}{\sigma_x \sqrt{2}} \right] \right] & \text{jika } (t_r < t < \infty) \end{cases} \dots (2.3)$$

Dimana :

σ_x , σ_y , dan σ_z adalah parameter dispersi

t_r adalah lamanya kebocoran terjadi

Nilai γ merupakan fungsi hasil dari distribusi dari kondisi *Continuos steady-state point source*. Nilai γ dapat dilihat dari persamaan 2.4.

$$\gamma(x, y, z, t) = \left(\frac{Q(t)}{U} \right) g_y(x, y) g_z(x, z) \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

$$g_y(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y(x)} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y(x)} \right)^2 \right]$$

Apabila tidak terdapat inversi yang muncul

$$g_z(x, z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z(x)} \left\{ \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z-h_s}{\sigma_z(x)} \right)^2 \right] + \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z+h_s}{\sigma_z(x)} \right)^2 \right] \right\}$$

Dimana :

h_s = tinggi sumber emisi (Jones *et al.*, 2013)

2.8.3 Threat Zone

Threat zone adalah area dimana ALOHA memprediksikan tingkat bahaya yang melebihi *Level of Concern* (LOC) pada suatu waktu setelah pelepasan zat kimia. ALOHA dapat memodelkan beberapa bahaya yaitu toksisitas (*toxicity*), mudah terbakar (*flammability*), radiasi termal (*thermal radiation*), dan tekanan berlebih (*overpressure*). LOC yang digunakan berbeda – beda tergantung dari bahaya yang ingin dimodelkan.

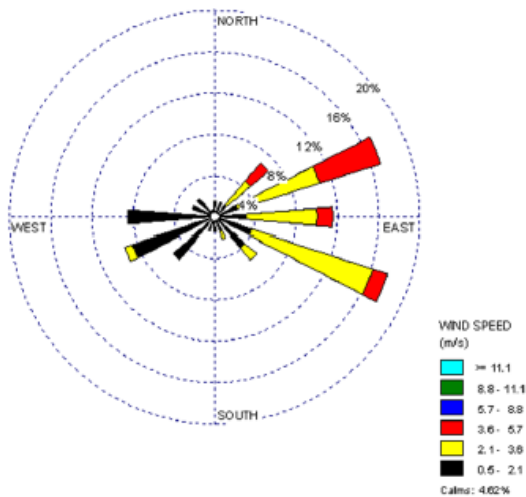
Untuk setiap skenario, ALOHA dapat menentukan hingga tiga LOC. Apabila menggunakan tiga LOC, ALOHA akan menampilkan *threat zone* berwarna merah, oranye, dan kuning yang akan dioverlaykan pada satu gambar. Zona merah menggambarkan bahaya terburuk. LOC adalah nilai ambang bahaya yang apabila melebihi nilai LOC dapat membahayakan manusia dan properti yang berada disekitarnya.

LOC yang digunakan untuk *flammable area* adalah *Lower Explosive Limit* (LEL). LEL adalah konsentrasi minimum bahan bakar di udara yang diperlukan untuk kebakaran atau ledakan terjadi jika sumber api tersedia. Sedangkan LOC yang digunakan untuk *toxic area* adalah *Protective Action Criteria* (PAC) (Jones *et al.*, 2013). PAC terdiri dari tiga tingkat yaitu:

- 1) PAC-1 : Konsentrasi yang diperkirakan bahwa populasi umum dapat mengalami ketidaknyamanan, iritasi, atau efek non-sensorik tanpa gejala tertentu. Namun efeknya bersifat sementara dengan nilai konsentrasi sebesar 65000 ppm.
- 2) PAC-2 : Konsentrasi yang diperkirakan bahwa populasi umum dapat mengalami efek kesehatan yang tidak dapat diperbaiki atau efek kesehatan yang serius, bertahan lama, efek kesehatan yang merugikan dengan nilai konsentrasi sebesar 230000 ppm.
- 3) PAC-3 : Konsentrasi yang diperkirakan bahwa populasi umum dapat mengalami efek kesehatan yang mengancam jiwa atau kematian dengan nilai konsentrasi sebesar 400000 ppm (Leppert *et al.*, 2012).

2.8.4 *Windrose*

Windrose atau diagram mawar angin adalah sebuah grafik yang memudahkan dalam penyajian data angin. Pada mawar angin data yang disajikan antara lain kecepatan angin, arah angin, dan frekuensi angin dalam satu grafik sehingga sangat memudahkan membaca data angin. Contoh *windrose* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Contoh *Windrose*

Warna pada *windrose* menunjukkan kecepatan angin, presentasi pada grafik menunjukkan frekuensi angin bertiup dan grafik yang membentuk sudut menggambarkan arah angin bertiup (Lubis, 2014).

2.9 Manajemen Risiko

Manajemen risiko adalah suatu proses mengidentifikasi, mengukur risiko, serta membentuk strategi untuk mencegah terjadinya risiko. Manajemen risiko diambil untuk merespon bermacam – macam risiko (Anisa, 2012). Manajemen risiko bertujuan untuk meminimalisasi kerugian jika bahaya yang diprediksi akan terjadi menjadi kenyataan (Zulfiana dan Musyafa',

2013). Manajemen risiko pada dasarnya dilakukan melalui proses – proses berikut ini:

1. Identifikasi risiko
Identifikasi risiko dilakukan untuk mengidentifikasi risiko – risiko apa saja yang dihadapi. Ada beberapa teknik untuk mengidentifikasi risiko misal dengan menelusuri sumber risiko sampai terjadinya peristiwa yang tidak diinginkan.
2. Evaluasi dan Pengukuran Risiko, dan
Tujuan evaluasi risiko adalah untuk memahami karakteristik risiko dengan lebih baik. Jika kita memperoleh pemahaman yang lebih baik, maka risiko akan lebih mudah dikendalikan. Ada beberapa teknik untuk mengukur risiko tergantung jenis risiko tersebut. Sebagai contoh kita bisa memperkirakan probabilitas.
3. Pengelolaan risiko
Setelah melakukan analisa dan evaluasi risiko, langkah selanjutnya adalah mengelola risiko (Hanafi, 2014).

2.10 Langkah – Langkah Penggunaan Program ALOHA 5.4.7

Berikut ini merupakan langkah – langkah dalam penggunaan program ALOHA 5.4.7 :

1. Input data lokasi
Langkah ini dapat dilakukan dengan memilih menu SiteData. Kemudian tekan Location dan akan muncul Kotak Dialog *location information*. Lalu tekan Add dan akan muncul Kotak Dialog seperti pada Gambar 2.7. Data yang harus dimasukkan adalah nama lokasi, elevasi, dan letak koordinat dari lokasi yang akan dianalisa.
2. Input data emisi yang akan dianalisa
Langkah ini dapat dilakukan dengan memilih menu SetUp. Kemudian pilih Chemical. Pada langkah ini, data yang dimasukkan adalah jenis zat yang akan dianalisa yaitu metana. Pada program ALOHA hanya dapat menganalisa satu jenis zat kimia saja. Kotak Dialog untuk langkah ini dapat dilihat pada Gambar 2.8.

3. Input data meteorologi
Langkah ini dapat dilakukan dengan memilih menu *SetUp*. Kemudian pilih *Atmospheric*. Pada langkah ini, data yang dimasukkan adalah kecepatan angin, arah angin, kekasaran lahan, dan stabilitas cuaca. Kotak Dialog untuk langkah ini dapat dilihat pada Gambar 2.9 dan Gambar 2.10.
4. Input data sumber emisi
Langkah ini dapat dilakukan dengan memilih menu *SetUp*. Kemudian pilih *Source*. Pada program ALOHA terdapat 4 sumber yaitu *Direct*, *Puddle*, *Tank*, dan *Gas Pipeline*. Pada penelitian ini, sumber yang akan digunakan adalah *Tank* dan *Gas Pipeline*. Kotak Dialog untuk sumber tangki dapat dilihat pada Gambar 2.11 – Gambar 2.14 dan sumber pipa dapat dilihat pada Gambar 2.15 dan Gambar 2.16.
5. Analisa risiko yang akan terjadi
Langkah selanjutnya adalah analisa risiko yang akan terjadi. Analisa risiko yang tersedia pada program ALOHA ada 3 yaitu :
 - *Toxic Area of Vapor Cloud*
 - *Flammable Area of Vapor Cloud*
 - *Blast Area of Vapor Cloud Explosion*Kotak Dialog untuk langkah ini dapat dilihat pada Gambar 2.17.

Location Input

Enter full location name:

Location is

Is location in a U.S. state or territory ?

☐ In U.S. ☒ Not in U.S.

Enter approximate elevation

Elevation is ☒ ft ☐ m

Enter approximate location

deg. min.

Latitude ☒ N ☐ S

Longitude ☐ E ☒ W

Gambar 2.7 Kotak Dialog Input Data Lokasi

Chemical Information

View: ☒ Pure Chemicals
☐ Solutions

MESITYL OXIDE
METHACROLEIN DIACETATE
METHACRYLALDEHYDE
METHACRYLIC ACID
METHACRYLIC ANHYDRIDE
METHACRYLONITRILE
METHACRYLOYLOXYETHYL ISOCYANATE
METHANE
METHANESULFONYL CHLORIDE
METHANESULFONYL FLUORIDE
METHANOL
METHOXYFLURANE
3-METHOXYISOPROPYLAMINE



Gambar 2.8 Kotak Dialog Input Data Emisi Yang Akan di Analisa

Atmospheric Options

Wind Speed is : ☐ knots ☒ mph ☐ meters/sec

Wind is from : Enter degrees true or text (e.g. ESE)

Measurement Height above ground is:




☒  ☐  OR ☐ enter value : ☒ feet ☐ meters

Ground Roughness is :

☒ Open Country ☐ Urban or Forest OR ☐ Input Roughness [Z₀] :

☐ Open Water

Select Cloud Cover :

☒  ☐  ☐ 

☐ complete ☒ partly ☐ clear

OR ☐ enter value : (0 - 10)

Gambar 2.9 Kotak Dialog 1 Input Data Meteorologi

Atmospheric Options 2




Air Temperature is : Degrees ☒ F ☐ C

Stability Class is : ☐ A ☐ B ☐ C ☒ D ☐ E ☐ F

Inversion Height Options are :

☒ No Inversion ☐ Inversion Present, Height is : ☒ feet ☐ meters

Select Humidity :

☒  ☐  ☐ 

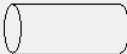
☐ wet ☒ medium ☐ dry OR ☐ enter value : % (0 - 100)

Gambar 2.10 Kotak Dialog 2 Input Data Meteorologi


Tank Size and Orientation

Select tank type and orientation:

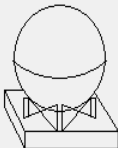
Horizontal cylinder


☐

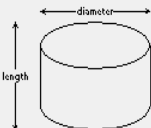
Vertical cylinder


☒

Sphere


☐

Enter two of three values:



diameter

length

volume

☐ feet ☒ meters

☐ liters ☒ cu meters

Gambar 2.11 Kotak Dialog 1 Sumber Emisi *Tank*

Chemical State and Temperature

Enter state of the chemical:

☐ Tank contains liquid
☒ Tank contains gas only
☐ Unknown

Enter the temperature within the tank:

☐ Chemical stored at ambient temperature
☒ Chemical stored at degrees ☐ F ☒ C

Gambar 2.12 Kotak Dialog 2 Sumber Emisi *Tank*

Mass or Pressure of Gas

Enter either tank pressure OR amount of gas

☐ mmHg
☒ atm
☐ psia
☐ Pa

The tank pressure is :

OR

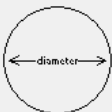
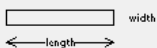
☐ pounds
☒ tons(2000 lbs)
☐ kilograms
☐ cu ft at STP
☐ cu m at STP

The amount of gas is :

Gambar 2.13 Kotak Dialog 3 Sumber Emisi Tank

Area and Type of Leak

Select the shape that best represents the shape of the opening through which the pollutant is exiting

☒ Circular opening
 ☐ Rectangular opening

☒ inches
☐ feet
☐ centimeters
☐ meters

Opening diameter:

Is leak through a hole or short pipe/valve?

☒ Hole
 ☐ Short pipe/valve

Gambar 2.14 Kotak Dialog 4 Sumber Emisi

Gas Pipeline Input

Input pipe diameter Help

Diameter is ☒ inches ☐ cm

Input pipe length Help

Pipe length is ☐ ft ☐ yds ☒ meters

The unbroken end of the pipe is Help

☒ connected to infinite tank source
☐ closed off

Select pipe roughness Help

☒ Smooth Pipe
☐ Rough Pipe

OK Cancel

Gambar 2.15 Kotak Dialog 1 Sumber Emisi Gas Pipeline

Pipe Pressure and Hole Size

Input pipe pressure Help

Pressure is ☐ psia ☒ atm ☐ Pa

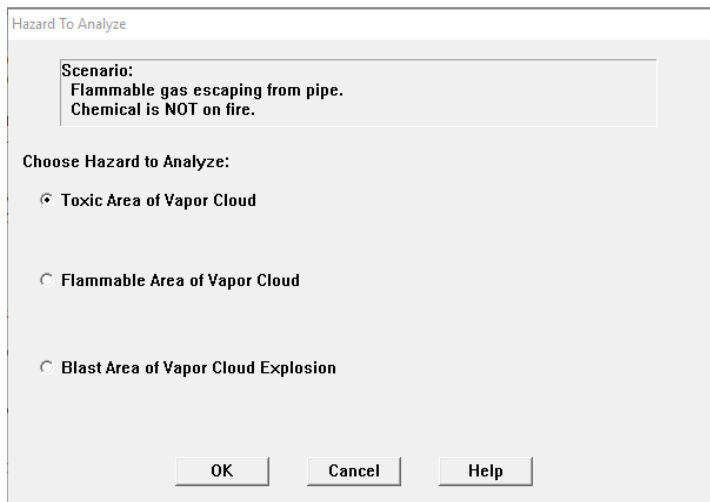
Input pipe temperature Help

☐ Unknown (assume ambient)
☒ Temperature is ☐ F ☒ C

Hole size equals pipe diameter. Help

OK Cancel

Gambar 2.16 Kotak Dialog 2 Sumber Emisi Gas Pipeline



Gambar 2.17 Kotak Dialog Analisa Risiko

2.11 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan dalam melakukan penelitian sehingga dapat memperdalam topic penelitian. Dari penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan industri yang sama dengan industri penelitian penulis yaitu pada industri pengolahan minyak. Namun penelitian terdahulu ini dapat digunakan sebagai referensi bahan kajian pada penelitian penulis. Berikut ini beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan program ALOHA dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Isi Penelitian	Sumber Literatur
1.	Analisis Konsekuensi Kebakaran dan Ledakan Pada Tangki LPG (<i>Liquefied Petroleum Gas</i>)	Penelitian ini membuat permodelan kebakaran <i>jet fire</i> , <i>fireball</i> / BLEVE, <i>flammable area/flash fire</i> , dan pemodelan ledakan VCE menggunakan <i>software</i> ALOHA versi 5.4.4 dan <i>google earth</i> pada kilang	(Permatasari <i>et al.</i> , 2016)

No	Judul Penelitian	Isi Penelitian	Sumber Literatur
	di PT Surya Esa Perkasa Tbk Palembang	LPG PT Surya Esa Perkasa Tbk Palembang. Hasil akhirnya adalah berupa <i>threat zone</i> yang akan dianalisis jumlah populasi pekerja berisiko dan analisis <i>emergency response plan</i> (prosedur, tim, sarana, dan prasarana) yang telah diterapkan.	
2.	Analisa Risiko Kebakaran Proses Gas Liquefaction Pada FLNG	Penelitian ini menganalisa risiko kebakaran pada teknologi instalasi lepas pantai FLNG (<i>Floating Liquefied Natural Gas</i>). Hazard identifikasi dilakukan dengan menggunakan <i>Hazard Operability</i> (HAZOP). Analisa frekuensi <i>gas release</i> dengan menggunakan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA). Dari nilai tersebut dapat ditentukan frekuensi terjadinya kemungkinan akibat dari <i>gas release</i> seperti <i>Jet Fire</i> , <i>Flash Fire</i> , <i>Gas Explotion</i> , dan <i>Gas Dispersion</i> dengan menggunakan <i>Event Tree Analysis</i> (ETA). Kemudian dilakukan analisa konsekuensi menggunakan <i>software</i> ALOHA. Keluaran dari analisa konsekuensi adalah mitigasi dampak	(Muradi, 2015)
3.	Analisis Permodelan Kebakaran Pada Tangki Timbun Bahan Bakar Minyak PT. McDermott	Penelitian ini menganalisis tentang pemodelan kebakaran pada tangki timbunan bahan bakar minyak, premium, dan solar di PT McDermott Indonesia Permodelan yang dilakukan meliputi perhitungan	(Firdausyah, 2012)

No	Judul Penelitian	Isi Penelitian	Sumber Literatur
	Indonesia	kekuatan kebakaran, model kebakaran, dan efek kebakaran terhadap keselamatan pekerja di area tangki timbun. Permodelan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ALOHA dan digambar dalam model 3 dimensi menggunakan perangkat lunak Google SketchUp	
4.	Analisis Dispersi Emisi Hidrokarbon pada <i>Onshore Reciving Facilities</i> X dan Y PT. Z	Pada penelitian ini, menganalisis dispersi emisi hidrokarbon yang terjadi saat <i>emergency hydrocarbon release</i> pada <i>Onshore Receiving Facilities</i> (ORF) menggunakan perangkat lunak ALOHA 5.4.5. Hasil penelitian berupa jarak sebaran emisi terjauh yang dianggap berbahaya untuk dua jenis bahaya yaitu rawan terbakar dan beracun. Jarak yang dipeproleh akan dijadikan acuan untuk manajemen risiko. Variabel yang digunakan adalah volume emisi hidrokarbon, kecepatan angin, dan kelas kestabilan atmosfer.	(Radifan, 2016)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jarak persebaran emisi gas metana sehingga dapat diketahui jarak aman permukiman dengan kilang. Pada penelitian ini akan dilakukan analisa menggunakan perhitungan matematis. Analisa ini akan memaparkan bagaimana menghitung dan memodelkan persebaran emisi gas metana yang cenderung mudah terbakar di PT Pertamina RU IV Cilacap. Kemudian dari model emisi gas metana akan menjadi arahan dan masukan dalam membuat manajemen risiko yang dapat dilakukan oleh PT Pertamina RU IV Cilacap. Penelitian ini menggunakan software ALOHA (*Area/ Locations Of Hazardous Atmospheres*) untuk menentukan penyebaran emisi gas metana.

3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan gambaran umum mengenai tahapan – tahapan yang dilakukan dalam penelitian. Secara ringkas, kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.3 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Tahapan – tahapan yang akan ditempuh pada penelitian ini adalah latar belakang penelitian, merumuskan ide penelitian, melakukan persiapan awal, mengumpulkan data sekunder, membuat *windrose*, menghitung beban emisi gas metana, menyusun model dan pemetaan penyebaran emisi gas metana, analisa model dan pembahasan, pendekatan model ALOHA serta kesimpulan dan saran.

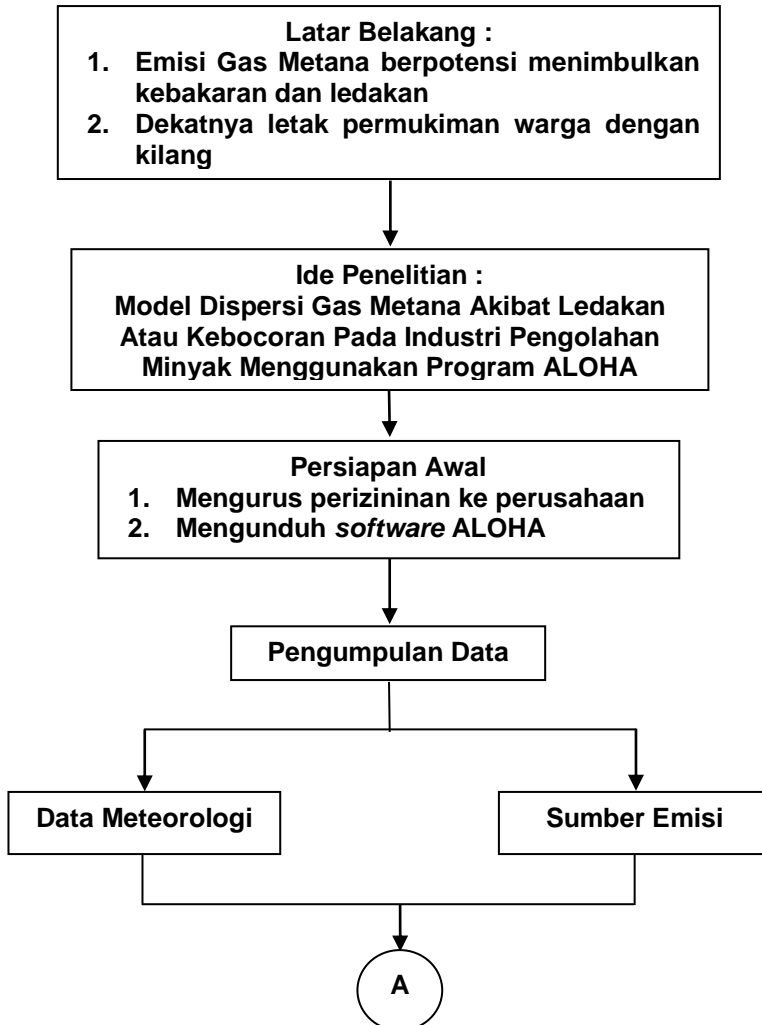
3.3.1 Latar Belakang Penelitian

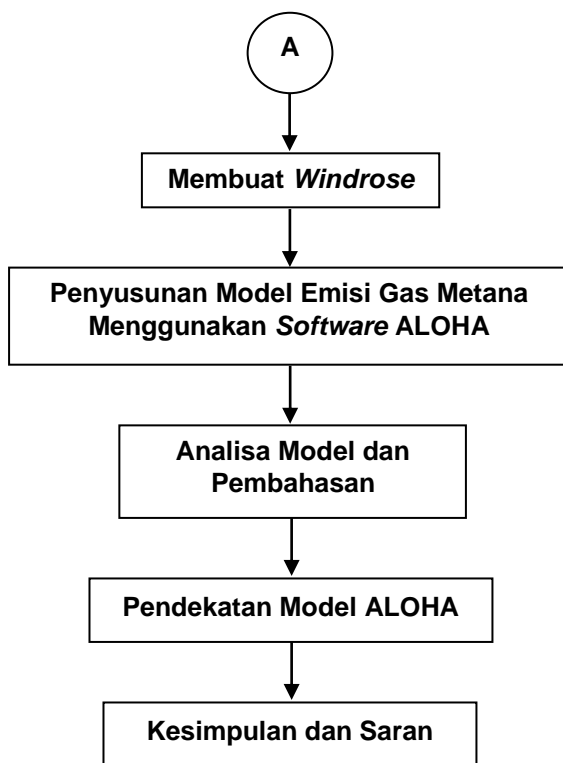
Latar belakang dari penelitian ini adalah :

1. Emisi gas metana berpotensi menimbulkan kebakaran dan ledakan
2. Dekatnya letak permukiman warga dengan kilang

3.3.2 Merumuskan Ide Penelitian

Berawal dari latar belakang yang telah dijelaskan pada pendahuluan dan subbab sebelumnya, ide dari penelitian ini adalah **“Model Dispersi Gas Metana Akibat Ledakan Atau Kebocoran Pada Industri Pengolahan Minyak Menggunakan Program ALOHA”**.





Gambar 3.1 Diagram Alir Kerangka Penelitian

3.3.3 Persiapan Awal

Persiapan awal yang harus dilakukan sebelum penelitian dilakukan adalah mengurus perizinan ke perusahaan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data awal yang dibutuhkan dalam penelitian. Kelengkapan data awal diperlukan untuk mengetahui jenis data yang akan dihasilkan dan agar dalam proses penyusunan laporan penelitian tidak mengalami hambatan. Selain itu data awal dibutuhkan sebagai masukan untuk proses analisa. Setelah mengurus perizinan, hal yang harus dilakukan adalah mengunduh software ALOHA 5.4.7. Hal ini dilakukan untuk mengetahui data yang dibutuhkan untuk meng-*input* ke dalam *software*.

3.3.4 Pengumpulan Data

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data tersebut akan menjadi parameter model yang akan digunakan pada penelitian ini. Data sekunder yang akan digunakan adalah data dalam kurun waktu satu tahun yaitu 1 Januari – 31 Desember 2017. Data sekunder yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Sekunder dan Sumber Data

Jenis Data	Sumber Data	Keterangan
Kecepatan Angin	BMKG Cilacap	Variabel
Arah Angin	BMKG Cilacap	-
Kelembaban	BMKG Cilacap	-
Suhu Udara	BMKG Cilacap	-
Stabilitas Atmosfer	-	Variabel
Diameter Pipa	Kilang Pertamina	-
Panjang Pipa	Kilang Pertamina	-
Tekanan Pipa	Kilang Pertamina	-
Diameter Unit CDU	Kilang Pertamina	-
Tinggi Unit CDU	Kilang Pertamina	-
Tekanan Unit CDU	Kilang Pertamina	-
Temperatur Unit CDU	Kilang Pertamina	-

3.3.5 Membuat *Windrose*

Pada penelitian ini, untuk menentukan arah angin dominan dapat dilakukan dengan membuat *windrose*. *Windrose* yang digunakan adalah *windrose* dengan 8 arah mata angin. *Windrose* dapat dibuat dengan menggunakan *software* WRPLOT. Cara membuat *windrose* dengan menggunakan WRPLOT adalah:

1. Mendapatkan data kecepatan angin dan arah angin selama 1 tahun.
2. Menyusun data kecepatan angin dan arah angin pada Ms. Excel
3. Membuka data kecepatan angin dan arah angin di WRPLOT. Hasil dari *software* WRPLOT adalah

windrose yang menggambarkan kecepatan angin dan arah angin (8 arah mata angin).

3.3.6 Menghitung Beban Emisi Gas metana

Beban emisi gas metana yang dihitung pada penelitian ini adalah beban emisi gas metana yang berasal dari unit CDU (*Crude Destilation Unit*). Berikut ini merupakan langkah – langkah pendekatan untuk menghitung beban emisi dari unit CDU:

- Mengumpulkan data – data sekunder yang dibutuhkan. Data sekunder didapatkan dari PT Pertamina RU IV Cilacap. Data – data yang dibutuhkan yaitu tekanan pada tangki, suhu pada tangki, diameter tangki, dan tinggi tangki.
- Mengkonversi satuan tekanan. Tekanan dikonversi dari satuan kg/cm^2 menjadi satuan Pascal (Pa) menggunakan persamaan 3.4.

$$\text{Pa} = \text{kg/cm}^2 \times 98066,5 \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana :

kg/cm^2 = tekanan dalam satuan kg/cm^2

Pa = tekanan dalam satuan pascal

- Mengkonversi satuan suhu. Suhu dikonversi dari satuan $^{\circ}\text{C}$ menjadi satuan Kelvin (K) menggunakan persamaan 3.5.

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273 \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana :

$^{\circ}\text{C}$ = suhu dalam satuan celcius

K = suhu dalam satuan kelvin

- Menghitung beban emisi gas metana. Perhitungan beban emisi gas metana menggunakan persamaan 3.6.

$$\text{P.V} = \text{n.R.T} \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana :

P = Tekanan pada tangki (Pa)

V = Volume (m^3)

n = mole gas (mol)

R = tetapan gas umum

= $8,314459848 \text{ m}^3.\text{Pa}.\text{K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

T = suhu (K)

- Menghitung jumlah gas pada tangki dengan menggunakan persamaan 3.7.

$$\text{m} = \text{n} \times \text{M} \dots\dots\dots (3.7)$$

Dimana :

m = massa gas (gram)
 n = mole gas (mol)
 M = massa molar
 = 16,04 gram/molar

3.3.7 Penyusunan Model

Model yang digunakan untuk permodelan dispersi gas metana adalah dengan menggunakan *software* ALOHA 5.4.7. Model ini biasanya digunakan untuk memodelkan dan penilaian *threat zone* dari emisi *hazardous vapor/hazardous chemical*. Pada penelitian ini, variabel yang digunakan adalah kecepatan angin dan kestabilan atmosfer. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Variabel Penelitian

Variabel Penelitian	Keterangan
Kecepatan Angin	Kecepatan angin minimal (Vmin)
	Kecepatan angin rata – rata (Vrata – rata)
	Kecepatan angin maksimum (Vmaks)
Stabilitas Atmosfer	B
	D
	F

Kemudian untuk skenario yang akan digunakan pada penelitian ini terdiri dari 72 skenario yang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Matriks Skenario Pipeline Source

Source	Threat Zone	Kecepatan Angin	Stabilitas Atmosfer		
			B	D	F
Pipeline	Flammable	Maksimum	S.1	S.2	S.3
		Rata - Rata	S.4	S.5	S.6
		Minimum	S.7	S.8	S.9
	Toxic	Maksimum	S.10	S.11	S.12
		Rata - Rata	S.13	S.14	S.15
		Minimum	S.16	S.17	S.18

Tabel 3.4 Matriks Skenario Tank Source

Source	Threat Zone	Tekanan Tangki	Kecepatan Angin	Stabilitas Atmosfer		
				B	D	F
Tank	Flammable	Maksimum	Maksimum	S.19	S.20	S.21
			Rata - Rata	S.22	S.23	S.24
			Minimum	S.25	S.26	S.27
		Rata – Rata	Maksimum	S.28	S.29	S.30
			Rata - Rata	S.31	S.32	S.33
			Minimum	S.34	S.35	S.36
		Minimum	Maksimum	S.37	S.38	S.39
			Rata - Rata	S.40	S.41	S.42
			Minimum	S.43	S.44	S.45
	Toxic	Maksimum	Maksimum	S.46	S.47	S.48
			Rata - Rata	S.49	S.50	S.51
			Minimum	S.52	S.53	S.54
		Rata – Rata	Maksimum	S.55	S.56	S.57
			Rata - Rata	S.58	S.59	S.60
			Minimum	S.61	S.62	S.63
		Minimum	Maksimum	S.64	S.65	S.66
			Rata - Rata	S.67	S.68	S.69
			Minimum	S.70	S.71	S.72

Hal pertama yang harus dilakukan adalah menginput data ke ALOHA 5.4.7. Data yang harus dimasukkan adalah :

1. Input data meteorologi

Data meteorologi yang digunakan adalah data dari BMKG Stasiun Meteorologi Cilacap. Kecepatan angin yang digunakan adalah kecepatan angin minimum, kecepatan angin maksimum, dan kecepatan angin rata – rata. Stabilitas atmosfer yang digunakan adalah kelas B,D, dan F dimana B menggambarkan kondisi cerah

(cenderung tidak stabil), D menggambarkan kondisi berawan (netral), dan F menggambarkan kondisi stabil.

2. Input data karakteristik emisi

Data karakteristik emisi telah tersedia pada *default software* ALOHA. Data karakteristik ini berdasarkan zat kimia yang diteliti. Pada penelitian ini, zat kimia yang diteliti adalah metana.

3. Input data sumber emisi

Pada penelitian ini, sumber emisi yang digunakan berasal dari *pipeline* dan *tank*. Berikut ini adalah langkah – langkah yang harus dilakukan dalam mengolah data sebelum dimasukkan ke dalam *software* ALOHA:

a. Sumber emisi *pipeline*

Sumber emisi *pipeline* berasal dari gas pada Unit CDU (*Crude Destilation Unit*) yang dialirkan menuju flare menggunakan pipa. Data yang dibutuhkan untuk memodelkan sumber emisi *pipeline* adalah diameter pipa, panjang pipa, dan tekanan pada pipa. Semua data ini didapatkan dari Kilang Pertamina. Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan, lalu data ini dimasukkan ke dalam ALOHA.

b. Sumber emisi *tank*

Sumber emisi *tank* berasal dari unit CDU. Data yang dibutuhkan untuk memodelkan sumber emisi *tank* adalah jenis tangki (*horizontal cylinder, vertical cylinder*, atau *sphere*), diameter tangki, tinggi tangki, temperatur tangki, tekanan pada tangki dan diameter sumber kebocoran. Semua data ini didapatkan dari Kilang Pertamina. Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan, lalu data ini dimasukkan ke dalam ALOHA.

4. Analisa risiko yang akan terjadi
Analisa risiko yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah berupa *Toxic Area of Vapor Cloud* dan *Flammable Area of Vapor Cloud*. Hasil akhir dari analisa risiko ini adalah berupa *threat zone*.

3.3.8 Analisa Model dan Pembahasan

Setelah mensimulasi skenario dan menyusun model dispersi, maka dapat dilakukan analisa model dan pembahasan. Hasil dari simulasi skenario berupa *threat zone* dimana *threat zone* merupakan zona dimana konsentrasi emisi melebihi standar baku pembandingan setelah emisi terlepas ke atmosfer. Standar baku pembandingan yang digunakan adalah *Lower Explosive Limit* (LEL) dan *Protective Action Criteria* (PAC). LEL digunakan untuk menentukan daerah yang rawan kebakaran apabila terpapar emisi atau *flammable area of vapor cloud*. Sedangkan PAC digunakan untuk mengetahui daerah yang berisiko terkena efek kesehatan atau *toxic area of vapor cloud*.

Setelah mengetahui *threat zone* lalu dilakukan penilaian potensi risiko. Menurut Irawan *et al.* (2015), penilaian potensi risiko menggunakan skala *Australian Standard/New Zealand Standard for Risk Management* (AS/NZS 4360:2004). Ada dua parameter yang digunakan untuk penilaian yaitu skala *probability* dan *severity* yang dapat dilihat pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.6. Selain itu terdapat tabel kategori bahaya yang dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.5 Skala *Probability* Standar AS/NZS 4360

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
5	<i>Almost certain</i>	Dapat terjadi setiap saat
4	<i>Likely</i>	Sering terjadi
3	<i>Possible</i>	Dapat terjadi sekali - kali
2	<i>Unlikely</i>	Jarang terjadi
1	<i>Rare</i>	Hampir tidak pernah, sangat jarang terjadi

Tabel 3.6 Skala Severity Standar AS/NZS 4360

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
1	<i>Insignificant</i>	Tidak terjadi cedera, kerugian finansial sedikit
2	<i>Minor</i>	Cidera ringan, kerugian finansial sedikit
3	<i>Moderate</i>	Cidera sedang, perlu penanganan medis
4	<i>Major</i>	Cidera berat > 1 orang, kerugian besar, gangguan produksi
5	<i>Catastrophic</i>	Fatal > 1 orang, kerugian sangat besar dan dampak sangat luas, terhentinya seluruh kegiatan

Tabel 3.7 Skala Risk Matrix Standar AS/NZS 4360

Frekuensi Risiko	Dampak Risiko				
	1	2	3	4	5
5	H	H	E	E	E
4	M	H	E	E	E
3	L	M	H	E	E
2	L	L	M	H	E
1	L	L	M	H	H

Keterangan :

- E = *Extreme Risk*
- H = *High Risk*
- M = *Moderate Risk*
- L = *Low Risk*

Setelah melakukan penilaian, langkah selanjutnya adalah melakukan manajemen risiko menggunakan model yang dibuat oleh DNV – GL sehingga dapat dibuat *major hazard management*

plan worksheet yang akan dibuat. Contoh dari *major hazard management plan worksheet* dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Major Hazard Management Plan Worksheet

Risiko	Penyebab Kejadian	Penanggulangan Risiko		Bahaya	Penanggulangan Bahaya	Monitoring Bahaya
		Prevent	Detect/Control			

3.3.9 Pendekatan Model ALOHA

Setelah membuat model, langkah selanjutnya adalah melakukan verifikasi model. Verifikasi model dilakukan untuk memastikan bahwa model adalah benar (Hasad, 2011). Tetapi ALOHA adalah model yang mensimulasikan ledakan sehingga verifikasi tidak dapat dilakukan. Oleh karena itu dilakukan pendekatan model ALOHA dengan menggunakan model lain yang memecahkan persamaan (jenis) yang sama (Witlox dan Oke, 2008). Menurut Guarnaccia dan Hoppe (2008), RMP*Comp adalah model yang dapat digunakan untuk memverifikasi model ALOHA. RMP*Comp™ adalah program yang dapat digunakan untuk menyelesaikan analisa konsekuensi di lapangan (skenario terburuk dan skenario alternatif). Perbedaan dari ALOHA dan RMP*Comp adalah RMP*Comp dirancang untuk memudahkan dalam mengidentifikasi bahaya sehingga perhitungan yang digunakan umum dan sederhana sedangkan ALOHA dirancang untuk memberikan perkiraan seakurat mungkin dari luas dan lokasi area yang berisiko akibat lepasnya zat kimia. Kemudian hasil permodelan ALOHA dan RMP*Comp dilihat nilai korelasinya dengan menggunakan persamaan 3.8 (Tombette *et al.*, 2008).

$$Corr = \frac{\sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})(o_i - \bar{o})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})^2}} \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan :

c_i = nilai model

o_i = nilai observasi

Model RMP*Comp digunakan dalam pendekatan model ALOHA karena RMP*Comp merupakan versi sederhana dari ALOHA dan menggunakan dasar – dasar teoritis model yang sama sehingga seharusnya memberikan hasil yang serupa (Guarnaccia dan Hoppe, 2008). Nilai korelasi yang diinginkan adalah 0,572 sesuai dengan rekomendasi US EPA (Assomadi, 2016). Apabila model telah tercapai maka model dianggap sudah benar.

3.3.10 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan akan dibuat suatu kesimpulan terkait tujuan – tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini dan saran terkait apabila terdapat kelemahan dan kekurangan dari penelitian ini agar penelitian setelahnya dapat lebih baik dari penelitian sebelumnya. Saran yang diberikan berbentuk rekomendasi untuk menyempurnakan penelitian.

BAB 4 PEMBAHASAN

4.1 Beban Emisi Gas metana

Berikut ini merupakan data – data yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan beban emisi gas metana:

- Tekanan pada tangki = 1,5 kg/cm², 1,44 kg/cm², dan 1,38 kg/cm²
- Diameter tangki = 9,5 m
- Tinggi tangki = 78,4 m
- Suhu pada tangki = 130°C

Untuk menghitung beban emisi gas metana, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengkonversi satuan suhu dengan menggunakan persamaan 3.5 dan menghitung volume dari tangki. Berikut ini adalah perhitungan konversi suhu dan volume:

$$\begin{aligned}
 T &= 130^{\circ}\text{C} \\
 &= 130^{\circ}\text{C} + 273 \\
 &= 403 \text{ K} \\
 V &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14159 \times (9,5 \text{ m})^2 \times (78,4 \text{ m}) \\
 &= 5557,16 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Pada penelitian ini, R yang digunakan adalah:

$$R = 8,314459848 \text{ m}^3 \cdot \text{Pa} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung konversi satuan tekanan dengan persamaan 3.4. Berikut ini adalah contoh perhitungan beban emisi gas metana dengan tekanan 1,5 kg/cm².

$$\begin{aligned}
 P &= 1,5 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 1,5 \text{ kg/cm}^2 \times 98066,5 \\
 &= 147099,75 \text{ Pascal}
 \end{aligned}$$

Setelah mengkonversi tekanan, langkah selanjutnya adalah menghitung beban emisi dengan persamaan 3.6 dan 3.7.

$$\begin{aligned}
 P \cdot V &= n \cdot R \cdot T \\
 147099,75 \text{ Pa} \times 5557,16 \text{ m}^3 &= n \times 8,314459848 \text{ m}^3 \cdot \text{Pa} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 403 \text{ K} \\
 n &= 244139,6509 \text{ mol} \\
 m &= n \times Mr \\
 &= 244139,6509 \text{ mol} \times 16,04 \text{ gram/mol}
 \end{aligned}$$

$$= 3916000 \text{ gram}$$

$$= 3916 \text{ kg}$$

Untuk hasil perhitungan beban emisi gas metana dengan tekanan 1,44 kg/cm² dan 1,38 kg/cm² dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Beban Emisi Gas Metana pada CDU

Tekanan (kg/cm ²)	Tekanan (Pa)	Beban Emisi (kg)
1,5	147099,75	3916
1,44	141215,76	3759
1,38	135331,77	3602

4.2 *Windrose*

Data yang dibutuhkan untuk membuat *windrose* adalah data meteorologi pada tahun 2017. Data meteorologi yang digunakan adalah kecepatan angin dan arah angin. Kemudian *windrose* dapat dibuat dengan menggunakan *software* WRPLOT. Data arah mata angin yang didapatkan dari BMKG disajikan dalam bentuk huruf seperti N,E,S, dan W sedangkan data yang dapat dibaca oleh WRPLOT adalah dalam bentuk (°) derajat. Oleh karena itu data arah mata angin perlu diubah terlebih dahulu. Berikut ini adalah pembagian 8 arah mata angin:

- N = 0° / 360°
- NE = 45°
- E = 90°
- SE = 135°
- S = 180°
- SW = 225°
- W = 270°
- NW = 315°

Hasil dari *windrose* Kabupaten Cilacap dapat dilihat pada Lampiran 2. Berdasarkan *windrose* yang telah dibuat dapat dilihat bahwa arah angin dominan pada Kabupaten Cilacap adalah menuju Utara atau *North* (N).

4.3 *Skenario ALOHA*

Skenario yang akan dianalisa pada penelitian ini terdiri dari 72 skenario dengan *pipeline source* terdiri dari 18 skenario dan *tank source* terdiri dari 54 skenario. Variabel yang akan

digunakan adalah kecepatan angin dan stabilitas atmosfer. Untuk *tank source* terdapat tambahan satu variabel yaitu tekanan pada tangki. Data kecepatan angin yang akan digunakan dapat dilihat pada subbab 4.2 dan sub subbab 4.4.1. Skenario ALOHA bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan angin, stabilitas atmosfer, dan tekanan pada tangki terhadap jarak sebaran dari *threat zone*. Berikut ini keterangan dari setiap variabel yang digunakan:

1) Kecepatan Angin

V_1 (kecepatan angin maks) = 5,34 knot

V_2 (kecepatan angin rata – rata) = 2,3 knot

V_3 (kecepatan angin min) = 1,22 knot

2) Stabilitas Atmosfer

Stabilitas atmosfer yang digunakan adalah stabilitas atmosfer B menggambarkan kondisi cerah (cenderung tidak stabil), D menggambarkan kondisi berawan (netral), dan F menggambarkan kondisi stabil.

3) Tekanan pada tangki

$P_1 = 1,5 \text{ kg/cm}^2 = 147099,75 \text{ Pa}$

$P_2 = 1,44 \text{ kg/cm}^2 = 141215,76 \text{ Pa}$

$P_3 = 1,38 \text{ kg/cm}^2 = 135331,77 \text{ Pa}$

Skenario yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Skenario Pipeline Source

Source	Threat Zone	Kecepatan Angin	Stabilitas Atmosfer		
			B	D	F
Pipeline	Flammable	5,34 knot	S.1	S.2	S.3
		2,3 knot	S.4	S.5	S.6
		1,22 knot	S.7	S.8	S.9
	Toxic	5,34 knot	S.10	S.11	S.12
		2,3 knot	S.13	S.14	S.15
		1,22 knot	S.16	S.17	S.18

Tabel 4.3 Skenario *Tank Source*

Source	Threat Zone	Tekanan Tangki	Kecepatan Angin	Stabilitas Atmosfer		
				B	D	F
Tank	Flammable	147099,75 Pa	5,34 knot	S.19	S.20	S.21
			2,3 knot	S.22	S.23	S.24
			1,22 knot	S.25	S.26	S.27
		141215,76 Pa	5,34 knot	S.28	S.29	S.30
			2,3 knot	S.31	S.32	S.33
			1,22 knot	S.34	S.35	S.36
		135331,77 Pa	5,34 knot	S.37	S.38	S.39
			2,3 knot	S.40	S.41	S.42
			1,22 knot	S.43	S.44	S.45
	Toxic	147099,75 Pa	5,34 knot	S.46	S.47	S.48
			2,3 knot	S.49	S.50	S.51
			1,22 knot	S.52	S.53	S.54
		141215,76 Pa	5,34 knot	S.55	S.56	S.57
			2,3 knot	S.58	S.59	S.60
			1,22 knot	S.61	S.62	S.63
		135331,77 Pa	5,34 knot	S.64	S.65	S.66
			2,3 knot	S.67	S.68	S.69
			1,22 knot	S.70	S.71	S.72

Berdasarkan Tabel 4.2, skenario 1 menggambarkan kondisi *flammable* pada *pipeline source* dengan kondisi kecepatan angin maksimal dan stabilitas atmosfer B. Kemudian skenario 10 menggambarkan kondisi *toxic* pada *pipeline source* dengan kondisi kecepatan angin maksimal dan stabilitas atmosfer B. Sedangkan untuk skenario 19 menggambarkan kondisi *flammable* pada *tank source* pada saat kecepatan angin maksimal dan stabilitas atmosfer B. Skenario 46 menggambarkan kondisi *toxic* pada *tank source* pada saat kecepatan angin maksimal dan stabilitas atmosfer B. Untuk skenario yang lain

dapat dibaca seperti skenario 1, 10, 19 dan 46 yang telah dibahas sebelumnya. Pada *pipeline source*, skenario 1 – 9 menggambarkan kondisi *flammable* dan skenario 10 – 18 menggambarkan kondisi *toxic*. Sedangkan pada *tank source*, skenario 19 - 45 menggambarkan kondisi *flammable* dan skenario 46 – 72 menggambarkan kondisi *toxic*. Seluruh skenario ini kemudian diklasifikasikan menjadi 5:

1. Skenario dengan sebaran terjauh
Sebaran terjauh terjadi pada skenario 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 17, dan 18.
2. Skenario dengan sebaran terdekat
Sebaran terdekat terjadi pada skenario 1, 4, 7, 10, 13, dan 16.
3. Skenario pada saat tekanan maksimal
Skenario ini terjadi pada skenario 19 – 27 dan skenario 46 – 54.
4. Skenario pada saat tekanan rata – rata
Skenario yang terjadi pada skenario 28 – 36 dan skenario 55 - 63
5. Skenario pada saat tekanan minimal
Skenario saat tekanan minimal terjadi pada skenario 37 – 45 dan skenario 64 – 72.

4.4 Input Data pada Software ALOHA

Data – data yang dibutuhkan untuk menganalisa dispersi emisi gas metana adalah:

- 1.) Data Meteorologi
- 2.) Data Karakteristik Emisi
- 3.) Data Sumber Emisi

4.4.1 Data Meteorologi

Data meteorologi yang digunakan adalah data dalam kurun waktu satu tahun yaitu dari 1 Januari – 31 Desember 2017. Data ini didapatkan dari BMKG Stasiun Meteorologi Cilacap yang berada di Jl. Gatot Subroto No 20 Cilacap – Jawa Tengah. Data meteorologi yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah :

- 1) Kecepatan angin
- 2) Suhu rata – rata
- 3) Kelembaban udara, dan

4) Arah angin

Data yang akan digunakan merupakan rata – rata dari masing – masing data. Kemudian untuk data meteorologi yang akan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Meteorologi yang Digunakan

Data	Nilai	Satuan
Kecepatan angin maksimal	5,34	knot
Kecepatan angin rata – rata	2,3	knot
Kecepatan angin minimal	1,22	knot
Suhu rata – rata	27,01	°C
Kelembaban Udara	84	%
Arah Mata Angin	N	-

Data meteorologi yang didapatkan dari BMKG dapat dilihat pada Lampiran 1. Data kecepatan angin dari BMKG adalah kecepatan angin pada ketinggian alat pengukuran yaitu 10 m dan seharusnya data kecepatan angin yang digunakan pada penelitian ini adalah data kecepatan angin pada ketinggian sumber pencemar. Kecepatan angin pada ketinggian sumber pencemar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2. Namun pada penelitian ini, kecepatan angin yang digunakan adalah kecepatan angin dari BMKG.

Untuk kecepatan angin minimal, data yang digunakan adalah nilai terkecil pada data kecepatan angin. Kecepatan angin minimal adalah 1 knot tetapi pada ALOHA kecepatan angin minimal yang diperbolehkan adalah 1,22 knot. Jadi, kecepatan angin minimal yang digunakan adalah 1,22 knot. Arah mata angin yang akan digunakan adalah N (North) dikarenakan N merupakan arah angin dominan pada tahun 2017 berdasarkan *windrose* yang dapat dilihat pada Lampiran 2.

4.4.2 Data Karakteristik Emisi

ALOHA tidak dapat menganalisa bahan kimia campuran seperti *crude oil* dan hanya bisa menganalisa satu jenis zat kimia saja. Oleh karena itu dalam penelitian ini zat kimia yang

digunakan adalah metana. Data metana didapatkan dari ALOHA secara *default* dengan rincian sebagai berikut:

Chemical Name	: Methane
Molecular Weight	: 16,04 g/mol
PAC-1	: 65000 ppm
PAC-2	: 230000 ppm
PAC-3	: 400000 ppm
Lower Explosive Limit	: 50000 ppm
Upper Explosive Limit	: 150000 ppm
Ambient Boiling Point	: -161,5 °C
Freezing Point	: -182,5 °C

4.4.3 Data Sumber Emisi

Sumber emisi yang digunakan pada penelitian ini ada dua yaitu *pipeline source* dan *tank source*. Untuk *pipeline source*, pipa yang akan dianalisa adalah pipa yang berasal dari unit CDU menuju flare sedangkan untuk *tank source* tangki yang akan dianalisa adalah unit CDU. Berikut ini merupakan data dari setiap sumber emisi yang dibutuhkan yang berasal dari data sekunder PT. Pertamina RU IV Cilacap:

1) Pipeline Source

Jenis pipa	= Carbon Steel
Diameter pipa	= 54 inch
Panjang pipa	= 1168 m
Tekanan pada pipa	= 1,5 kg/cm ²

Tetapi pada penelitian ini tekanan pipa yang digunakan adalah 2 atm atau 2,07 kg/cm² dikarenakan tekanan minimal yang diperbolehkan adalah 2 atm. Untuk kekasaran pipa yang akan digunakan adalah *rough pipe* karena asumsi pipa operasi adalah pipa lama.

2) Tank Source

Jenis tangki	= vertical cylinder
Diameter tangki	= 9,5 m
Tinggi tangki	= 78,4 m
Tekanan pada tangki	= 1,38 – 1,5 kg/cm ²
Temperatur tangki	= 130°C
Diameter valve	= 3 inch

Pada model ini, beban emisi gas metana pada unit CDU yang telah dibahas pada subbab 4.1 akan secara langsung terhitung pada ALOHA jika telah memasukkan data tekanan pada tangki.

4.5 Standar Baku Pembanding

Pada penelitian ini, standar baku pembanding yang digunakan adalah *Lower Explosive Limit* (LEL) untuk menentukan *flammable area* dan *Protective Action Criteria* (PAC) untuk menentukan *toxic area*. Nilai LEL dan PAC yang digunakan adalah *default* dari *software* ALOHA. Nilai LEL yang digunakan yaitu 50000 ppm untuk *red threat zone*, 60% LEL yaitu 30000 ppm untuk *orange threat zone*, dan 10% LEL yaitu 5000 ppm untuk *yellow threat zone*. Sedangkan untuk nilai PAC yang digunakan yaitu PAC-3 400000 ppm untuk *red threat zone*, PAC-2 230000 ppm untuk *orange threat zone*, dan PAC-1 65000 ppm untuk *yellow threat zone*. Standar baku pembanding yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Standar Pembanding ALOHA

Threat Zone	Standar Baku (ppm)	Zone	Sumber
Flammable	50000	Red	ALOHA
	30000	Orange	ALOHA
	5000	Yellow	ALOHA
Toxic	400000	Red	ALOHA
	230000	Orange	ALOHA
	65000	Yellow	ALOHA

4.6 Analisa Dispersi Emisi Gas metana

Setelah melakukan simulasi skenario pada *software* ALOHA, maka dapat dilakukan analisa dispersi emisi gas metana. Hasil dari analisa dispersi dapat dilihat pada Tabel 4.6 sampai dengan Tabel 4.9. Visualisasi *threat zone* skenario 1 – 72 dapat dilihat pada Lampiran 3.

**Tabel 4.6 Hasil Analisa Dispersi *Flammable Area* pada
*Pipeline Source***

Skenario	<i>Red</i> (m)	<i>Orange</i> (m)	<i>Yellow</i> (m)
1	165	211	495
2	327	426	1100
3	725	982	3100
4	248	316	732
5	506	663	1800
6	1200	1700	5600
7	336	428	977
8	708	931	2600
9	1800	2500	7300

Tabel 4.7 Hasil Analisa Dispersi *Toxic Area* pada *Pipeline Source*

Skenario	<i>Red</i> (m)	<i>Orange</i> (m)	<i>Yellow</i> (m)
10	42	56	105
11	80	107	202
12	158	212	423
13	64	85	158
14	123	163	310
15	247	335	684
16	88	116	214
17	169	225	431
18	350	476	996

Tabel 4.8 Hasil Analisa Dispersi *Flammable Area* pada *Tank Source*

Skenario	<i>Red</i> (m)	<i>Orange</i> (m)	<i>Yellow</i> (m)
19	10	13	31
20	19	24	58
21	35	45	114
22	15	19	47
23	28	36	89
24	53	70	177
25	20	27	65
26	39	50	124
27	74	97	248
28	< 10	12	29
29	17	22	54
30	32	42	105
31	14	18	44
32	26	34	83
33	50	64	163
34	19	25	60
35	36	46	114
36	69	89	228
37	< 10	11	28
38	16	21	52
39	31	40	101
40	14	17	42
41	25	33	80
42	48	62	157
43	19	23	58
44	34	44	110
45	66	86	219

Tabel 4.9 Hasil Analisa Dispersi *Toxic Area* pada *Tank Source*

Skenario	<i>Red</i> (m)	<i>Orange</i> (m)	<i>Yellow</i> (m)
46	< 10	< 10	< 10
47	< 10	< 10	11
48	< 10	11	22
49	< 10	< 10	< 10
50	< 10	<10	17
51	13	17	33
52	< 10	< 10	13
53	< 10	13	24
54	18	24	46
55	< 10	< 10	< 10
56	< 10	< 10	11
57	< 10	11	20
58	< 10	< 10	< 10
59	< 10	< 10	16
60	13	16	31
61	< 10	< 10	12
62	< 10	12	22
63	17	22	42
64	< 10	< 10	< 10
65	< 10	< 10	10
66	< 10	10	19
67	< 10	< 10	< 10
68	< 10	< 10	16
69	12	16	30
70	< 10	< 10	11
71	< 10	11	22
72	16	22	41

4.6.1 Analisa Dispersi Emisi *Pipeline Source*

Hasil simulasi skenario pada *pipeline source* yang dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 menunjukkan bahwa radius *flammable area* terjauh terjadi pada skenario 9 dan radius *toxic area* terjauh terjadi pada skenario 18. Hasil simulasi skenario 9 adalah:

- *Red zone*, dengan jarak sebaran 1800 meter dari sumber kebocoran dengan konsentrasi *flammable vapor cloud* di atas 50000 ppm.
- *Orange zone*, dengan jarak sebaran 2500 meter dari sumber kebocoran dengan konsentrasi *flammable vapor cloud* di atas 30000 ppm.
- *Yellow zone*, dengan jarak sebaran 7300 meter dari sumber kebocoran dengan konsentrasi *flammable vapor cloud* di atas 5000 ppm.

Sedangkan untuk hasil simulasi skenario 18 adalah:

- *Red zone*, dengan jarak sebaran 350 meter dari sumber kebocoran dengan konsentrasi *toxic vapor cloud* di atas 400000 ppm.
- *Orange zone*, dengan jarak sebaran 476 meter dari sumber kebocoran dengan konsentrasi *toxic vapor cloud* di atas 230000 ppm.
- *Yellow zone*, dengan jarak sebaran 996 meter dari sumber kebocoran dengan konsentrasi *toxic vapor cloud* di atas 65000 ppm.

Skenario 9 dan 18 terjadi ketika kecepatan angin minimal yaitu 1,22 knot dan stabilitas atmosfer F (menggambarkan kondisi stabil). *Threat zone* skenario 9 dan skenario 18 kemudian divisualisasikan menggunakan *Google Earth*. Visualisasi *threat zone* dari skenario 9 dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan skenario 18 dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Selain itu, hasil simulasi ALOHA menunjukkan bahwa semakin kecil kecepatan angin maka jarak persebaran semakin besar sedangkan semakin stabil stabilitas atmosfer maka jarak persebaran akan semakin besar. Jarak antara sumber pencemar dengan permukiman warga adalah sekitar 460 m. Apabila dilihat dari hasil simulasi dan jarak sumber pencemar dengan permukiman warga maka jarak persebaran selain skenario 9 dan 18 sudah mencapai permukiman warga. Hal ini menunjukkan

bahwa skenario yang bukan merupakan skenario terburuk juga berbahaya bagi masyarakat.

4.6.2 Analisa Dispersi Emisi *Tank Source*

Hasil simulasi skenario pada *tank source* yang dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 menunjukkan bahwa radius *flammable area* terjauh terjadi pada skenario 27 dan radius *toxic area* terjauh terjadi pada skenario 54. Hasil simulasi skenario 27 adalah:

- *Red zone*, dengan jarak sebaran 74 meter dari sumber kebocoran dengan konsentrasi *flammable vapor cloud* di atas 50000 ppm.
- *Orange zone*, dengan jarak sebaran 97 meter dari sumber kebocoran dengan konsentrasi *flammable vapor cloud* di atas 30000 ppm.
- *Yellow zone*, dengan jarak sebaran 248 meter dari sumber kebocoran dengan konsentrasi *flammable vapor cloud* di atas 5000 ppm.

Sedangkan untuk hasil simulasi skenario 54 adalah:

- *Red zone*, dengan jarak sebaran 18 meter dari sumber kebocoran dengan konsentrasi *toxic vapor cloud* di atas 400000 ppm.
- *Orange zone*, dengan jarak sebaran 24 meter dari sumber kebocoran dengan konsentrasi *toxic vapor cloud* di atas 230000 ppm.
- *Yellow zone*, dengan jarak sebaran 46 meter dari sumber kebocoran dengan konsentrasi *toxic vapor cloud* di atas 65000 ppm.

Skenario 27 dan 54 terjadi ketika kecepatan angin minimal yaitu 1,22 knot, stabilitas atmosfer F (menggambarkan kondisi stabil), dan tekanan pada tangki adalah tekanan maksimum yaitu 147099,75 Pascal. Visualisasi *threat zone* menggunakan *Google Earth* dari skenario 27 dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan skenario 54 tidak digambarkan karena dekatnya jarak persebaran dengan sumber emisi.

Selain itu, hasil simulasi ALOHA menunjukkan bahwa semakin kecil kecepatan angin maka jarak persebaran semakin besar sedangkan semakin stabil stabilitas atmosfer maka jarak persebaran akan semakin besar. Pada *tank source*, tekanan

pada tangki juga mempengaruhi jarak persebaran karena semakin besar tekanan pada tangki maka jumlah gas pada tangki juga semakin besar. Oleh karena itu, semakin besar tekanan pada tangki maka jarak persebaran juga akan semakin besar. Jarak antara sumber pencemar dengan permukiman warga adalah sekitar 460 m. Apabila dilihat dari hasil simulasi dan jarak sumber pencemar dengan permukiman warga maka jarak persebaran tidak mencapai permukiman warga atau masih dalam lingkungan perusahaan. Pada skenario *tank source* terdapat beberapa skenario dimana *threat zone* yang dihasilkan tidak digambarkan karena dekatnya jarak persebaran dengan sumber emisi.

Kecepatan angin mempengaruhi jarak persebaran karena semakin besar kecepatan angin maka konsentrasi pencemar akan berkurang. Stabilitas atmosfer juga mempengaruhi jarak persebaran karena semakin tidak stabil stabilitas suatu atmosfer maka pencemar akan terdispersi dengan lebih baik. Hal ini disebabkan karena adanya gerakan vertikal pada stabilitas atmosfer yang tidak stabil. Stabilitas atmosfer yang tidak stabil terjadi karena intensitas matahari yang kuat menyebabkan suhu di permukaan bumi menjadi lebih hangat dari lapisan udara di atasnya. Perbedaan suhu di permukaan bumi dengan lapisan udara di atasnya menyebabkan pergerakan udara secara vertikal atau gerakan vertikal.

4.7 Pendekatan Model ALOHA

Pendekatan model ALOHA dilakukan untuk mengetahui apakah model yang telah dibuat adalah benar. Pendekatan model ALOHA dapat dilakukan dengan membandingkan hasil model ALOHA dengan program lain yaitu RMP*Comp. Lalu hasil permodelan ALOHA dan RMP*Comp dilihat nilai korelasinya dengan menggunakan persamaan 3.8.

Skenario yang akan digunakan untuk pendekatan model ini terdiri dari 5 skenario dengan sumber emisi adalah *direct source*. Data meteorologi yang digunakan akan disamakan dengan RMP*Comp dikarenakan pada RMP*Comp data meteorologi sudah diasumsikan. Data meteorologi yang digunakan yaitu kecepatan angin 1,5 m/s, suhu rata – rata 25°C, dan stabilitas

atmosfer F. Skenario dari pendekatan model ALOHA dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Skenario Pendekatan Model ALOHA

Skenario	Direct Source (Pounds)	Kecepatan Angin (m/s)	Stabilitas
1	250	1,5	F
2	500	1,5	F
3	750	1,5	F
4	1000	1,5	F
5	1250	1,5	F

Berikut ini adalah langkah – langkah untuk melakukan pendekatan model:

- 1) Mengakses RMP*Comp pada *website* US EPA.
- 2) Memilih zat kimia yang akan dianalisa yaitu metana. Langkah ini dapat dilihat pada Gambar 4.4.
- 3) Memasukkan data sumber emisi sesuai dengan skenario yang telah dilakukan. Langkah ini dapat dilihat pada Gambar 4.5.
- 4) Menganalisa skenario pada *software* ALOHA. Langkah – langkah untuk menjalankan *software* ALOHA sudah dijelaskan pada sub bab 2.10. Hasil simulasi skenario dengan menggunakan RMP*Comp dan ALOHA dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Simulasi Menggunakan RMP*Comp dan ALOHA

Skenario	Direct Source (Pounds)	RMP*Comp (m)	ALOHA
1	250	80	90
2	500	110	128
3	750	120	155
4	1000	130	177
5	1250	140	196

Isobutane [Propane, 2-methyl]	75-28-5	Flammable Gas
Isobutyronitrile	78-82-0	Toxic Liquid
Isopentane [Butane, 2-methyl-]	78-78-4	Flammable Liquid
Isoprene [1,3-Butadiene, 2-methyl-]	78-79-5	Flammable Liquid
Isopropylamine [2-Propanamine]	75-31-0	Flammable Liquid
Isopropyl chloride [Propane, 2-chloro-]	75-29-6	Flammable Liquid
Isopropyl chloroformate	108-23-6	Toxic Liquid
Methacrylonitrile	126-98-7	Toxic Liquid
Methane	74-82-8	Flammable Gas
Methylamine [Methanamine]	74-89-5	Flammable Gas
Methyl chloride	74-87-3	Toxic Gas
Methyl chloroformate	79-22-1	Toxic Liquid
Methyl ether [Methane, oxybis-]	115-10-6	Flammable Gas
Methyl formate [Formic acid, methyl ester]	107-31-3	Flammable Liquid
Methyl hydrazine	60-34-4	Toxic Liquid
Methyl isocyanate	624-83-9	Toxic Liquid
Methyl mercaptan	74-93-1	Toxic Gas
Methyl thiocyanate	556-64-9	Toxic Liquid
Methyltrichlorosilane	75-79-6	Toxic Liquid
Nickel carbonyl	13463-39-3	Toxic Liquid
Nitric acid (100%)	7697-37-2	Toxic Liquid
Nitric acid (water solution)	7697-37-2	Toxic Liquid

Gambar 4.4 Input Data Zat Kimia

You are here: [RMP*Comp](#) » [Start](#) » Flammable Gas Processing

RMP*Comp

[Back](#)

Errors Found

No errors found

Chemical Information

Chemical Name: Methane

CAS Number: 74-82-8

Chemical Type: Flammable Gas

Worst-case Analysis

Scenario type: ☒ Worst-case ☐ Alternative

Physical state: ☒ Unliquefied
☐ Liquefied by refrigeration
☐ Liquefied under pressure

Quantity released: pounds

[Submit](#)

Gambar 4.5 Input Data Sumber Emisi

- 5) Menghitung nilai korelasi dengan menggunakan persamaan 3.8. Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai korelasi pada skenario 1:

$$\begin{aligned}
 \text{Hasil simulasi RMP*Comp } (o) &= 80 \text{ m} \\
 \text{Hasil simulasi ALOHA } (c) &= 90 \text{ m} \\
 \text{Rata – Rata nilai RMP*Comp } (\bar{o}) &= 116 \text{ m} \\
 \text{Rata – Rata nilai ALOHA } (\bar{c}) &= 149,2 \text{ m} \\
 (c_i - \bar{c}) &= 90 - 149,2 \\
 &= -59,2 \\
 (o_i - \bar{o}) &= 80 - 116 \\
 &= -36 \\
 (c_i - \bar{c})^2 &= (90 - 149,2)^2 \\
 &= 3504,64 \\
 (o_i - \bar{o})^2 &= (80 - 116)^2 \\
 &= 1296
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan skenario 2 hingga skenario 5 dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Nilai Korelasi

Skenario	c	o	$(c_i - \bar{c})$	$(o_i - \bar{o})$	$\frac{(c_i - \bar{c}) \times (o_i - \bar{o})}{(o_i - \bar{o})}$	$(c_i - \bar{c})^2$	$(o_i - \bar{o})^2$
1	90	80	-59.2	-36	2131.2	3504.64	1296
2	128	110	-21.2	-6	127.2	449.44	36
3	155	120	5.8	4	23.2	33.64	16
4	177	130	27.8	14	389.2	772.84	196
5	196	140	46.8	24	1123.2	2190.24	576
Rata – Rata	149.2	116					
Total					3794	6950.8	2120

Kemudian menghitung nilai korelasi dengan menggunakan persamaan 3.8.

$$\begin{aligned}
 Corr &= \frac{\sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})(o_i - \bar{o})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})^2}} \\
 &= \frac{3794}{\sqrt{6950,8} \times \sqrt{2120}} \\
 &= 0,988353
 \end{aligned}$$

Nilai korelasi antara model ALOHA dengan RMP*Comp adalah 0,988353. Berdasarkan rekomendasi US EPA, nilai korelasi antara dua model adalah 0,572. Oleh karena itu, model dianggap sudah benar dikarenakan nilai korelasi sudah memenuhi rekomendasi US EPA.

4.8 Manajemen Risiko

Manajemen risiko dilakukan untuk mengelola risiko – risiko yang mungkin terjadi sehingga dapat meminimalisasi dampak yang mungkin terjadi. Sebelum dilakukan manajemen risiko terlebih dahulu dilakukan penilaian potensi risiko. Risiko yang akan dibahas adalah ledakan pada kilang serta gangguan pernafasan dan kehilangan kesadaran pada manusia. Berdasarkan risiko tersebut terdapat lima potensi risiko yaitu:

- Kebocoran gas metana
- Kegagalan pada sistem operasi
- Terdapat benda/alat yang dapat menghasilkan api
- Tenaga kerja yang kurang terlatih
- Komponen unit yang sudah tua

Kelima potensi risiko ini kemudian dilakukan penilaian menggunakan skala *Australian Standard/New Zealand Standard for Risk Management* (AS/NZS 4360:2004) yang terdiri dari skala *probability* berdasarkan Tabel 3.5 dan skala *severity* berdasarkan Tabel 3.6. Kemudian menentukan kategori bahaya berdasarkan Tabel 3.7. Hasil penilaian potensi risiko dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Penilaian Potensi Risiko

Risiko	Potensi Risiko	Probability	Severity	Keterangan
Ledakan pada kilang dan Gangguan Pernafasan dan Kehilangan Kesadaran Pada Manusia	Kebocoran gas metana	2	5	<i>Extreme Risk</i>
	Kegagalan pada sistem operasi	2	5	<i>Extreme Risk</i>
	Terdapat benda/alat yang dapat menghasilkan api	1	3	<i>Moderate Risk</i>
	Tenaga kerja yang kurang terlatih	1	3	<i>Moderate Risk</i>

Risiko	Potensi Risiko	Probability	Severity	Keterangan
	Komponen unit yang sudah tua	2	3	<i>Moderate Risk</i>

Berikut ini adalah penjelasan mengenai hasil penilaian potensi risiko pada Tabel 4.13.

1. Kebocoran gas metana

Kebocoran gas metana pada suatu kilang diupayakan untuk tidak pernah terjadi tetapi tidak dapat dipungkiri bahwa masih ada kemungkinan kebocoran akan terjadi. Oleh karena itu skala *probability* untuk kebocoran gas metana mendapatkan nilai 2 yaitu jarang terjadi.

Kemudian apabila terjadi kebocoran gas metana akan berpotensi menimbulkan ledakan dan paparan gas metana yang akan berdampak pada kesehatan manusia. Oleh karena itu skala *severity* diberi nilai 5 yaitu fatal > 1 orang, kerugian sangat besar dan dampak sangat luas serta terhentinya seluruh kegiatan. Kebocoran gas metana tergolong *Extreme Risk* (E) dengan nilai *probability* 2 dan nilai *severity* 5.

2. Kegagalan pada sistem operasi

Kegagalan pada sistem operasi juga diupayakan untuk tidak pernah terjadi pada suatu kilang. Oleh karena itu dilakukan langkah pencegahan sebagai contoh adalah menyediakan *Emergency Diesel Generator* (EDG) apabila terjadi kegagalan sistem. Meskipun sudah dilakukan langkah pencegahan kemungkinan untuk terjadinya kegagalan sistem tetap ada sehingga nilai untuk skala *probability* adalah 2 yaitu jarang terjadi.

Lalu untuk skala *severity* kegagalan sistem diberikan nilai 5 yaitu fatal > 1 orang, kerugian sangat besar dan dampak sangat luas serta terhentinya seluruh kegiatan. Hal ini dikarenakan apabila terjadi kegagalan sistem dapat menyebabkan ledakan dan paparan gas metana. Kegagalan pada sistem operasi tergolong *Extreme Risk* (E) dengan nilai *probability* 2 dan nilai *severity* 5.

3. Terdapat benda/alat yang dapat menghasilkan api

Potensi risiko untuk terdapat benda/alat yang dapat menghasilkan api mendapatkan nilai 1 untuk skala *probability* yaitu hampir tidak pernah atau sangat jarang terjadi. Hal ini karena setiap tamu atau pekerja yang akan memasuki daerah kilang pada umumnya diberikan pengenalan atau informasi mengenai kilang dan bahaya pada kilang atau biasa disebut *Safety Induction*. Selain itu, ketika akan memasuki kilang juga akan dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu oleh tim keamanan atau *security*.

Lalu untuk skala *severity* mendapatkan nilai 3 yaitu cedera sedang, perlu penanganan medis. Hal ini dikarenakan gas metana bersifat mudah terbakar sehingga apabila terdapat sumber api dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan. Apabila ledakan atau kebakaran terjadi akan menyebabkan cedera sedang seperti terpentak akibat ledakan ataupun luka bakar akibat kebakaran. Terdapat benda/alat yang dapat menghasilkan api tergolong *Moderate Risk* (M) dengan nilai *probability* 1 dan nilai *severity* 3.

4. Tenaga kerja yang kurang terlatih

Tenaga kerja pada suatu kilang umumnya sering mendapatkan pelatihan – pelatihan yang berhubungan dengan jenis pekerjaannya sebagai contoh adalah pelatihan pencegahan dan pengendalian kebocoran gas. Berdasarkan asumsi tersebut, maka skala *probability* untuk tenaga kerja yang kurang terlatih diberi nilai 1 yaitu hampir tidak pernah atau sangat jarang terjadi. Hal ini dikarenakan tenaga kerja dianggap memiliki kemampuan untuk menangani kondisi darurat melalui serangkaian kegiatan pelatihan.

Kemudian untuk skala *severity* diberikan nilai 3 yaitu cedera sedang, perlu penanganan medis. Hal ini karena apabila terdapat tenaga kerja yang tidak dapat menangani kondisi darurat dapat menyebabkan terjadinya kebakaran dan ledakan serta paparan gas metana yang akan berdampak pada kesehatan manusia. Tenaga kerja yang

kurang terlatih tergolong *Moderate Risk* (M) dengan nilai *probability* 1 dan nilai *severity* 3.

5. Komponen unit yang sudah tua

Pada suatu kilang, pengawasan dilakukan secara teratur dan berkala sehingga apabila terdapat komponen unit yang sudah tua dan rusak dapat dilakukan pergantian komponen. Meskipun pengawasan dilakukan secara teratur dan berkala, faktor *human error* tidak bisa diabaikan. Sebagai contoh adalah terdapat beberapa komponen yang seharusnya dilakukan pergantian tidak diperiksa sehingga tidak dilakukan pergantian komponen. Oleh karena itu, skala *probability* diberikan nilai 2 yaitu jarang terjadi.

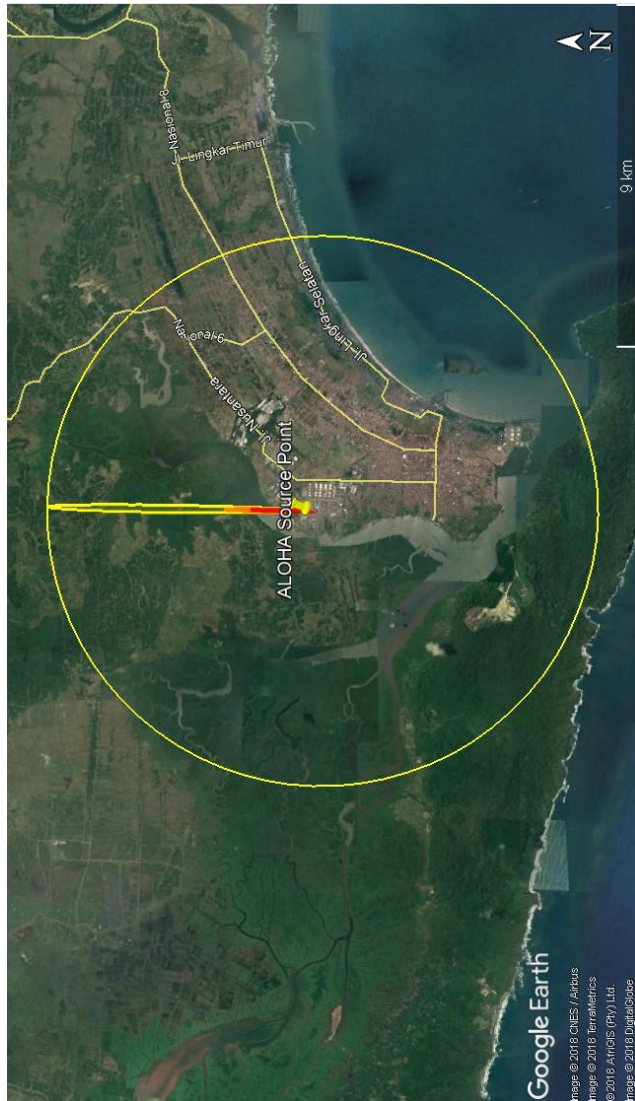
Lalu untuk skala *severity* diberikan nilai 3 yaitu cedera sedang, perlu penanganan medis. Hal ini karena komponen unit yang sudah tua dan tidak dilakukan pergantian dapat menyebabkan kebocoran gas metana dan berpotensi menimbulkan kebakaran dan ledakan. Komponen unit yang sudah tua tergolong *Moderate Risk* (M) dengan nilai *probability* 2 dan nilai *severity* 3.

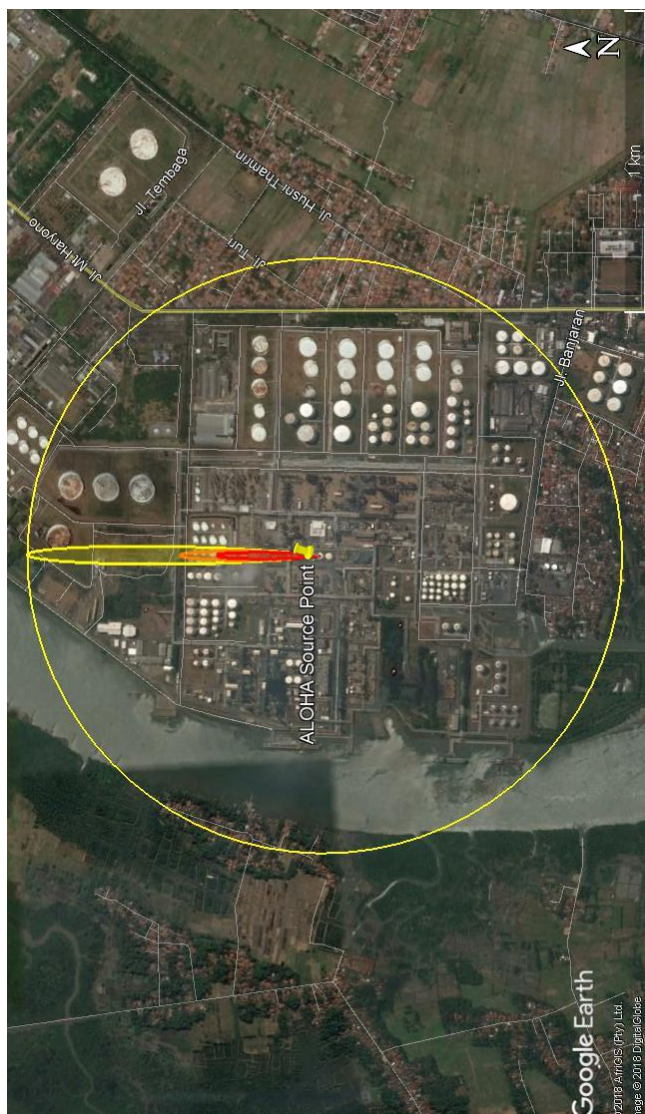
Potensi risiko akan tergolong *Extreme Risk* jika skala *severity* mendapatkan nilai 5. Berdasarkan hasil penilaian, dapat dilihat bahwa potensi risiko yang tergolong *Extreme Risk* (E) adalah kebocoran gas metana dan kegagalan pada sistem operasi.

Kemudian melakukan manajemen risiko dengan risiko ledakan pada kilang serta gangguan pernafasan dan kehilangan kesadaran pada manusia. Kemudian untuk potensi risiko adalah kebocoran gas metana dan kegagalan pada sistem operasi. Manajemen risiko dilakukan dengan menggunakan model yang dibuat oleh DNV-GL yaitu *major hazard management plan worksheet* yang dapat dilihat pada Lampiran 4. *Major hazard* ini akan digunakan sebagai acuan dalam membuat SOP (*Standart Operation Procedure*) yang akan dilaksanakan oleh Pertamina dan Pemerintah (masyarakat) dalam kondisi darurat. Skenario ALOHA menggunakan arah angin Utara atau *North* (N) dimana masih merupakan area kilang sedangkan daerah permukiman warga berada di sebelah Timur atau *East* (E) area kilang. Skenario ALOHA dengan jumlah korban terbanyak akan terjadi

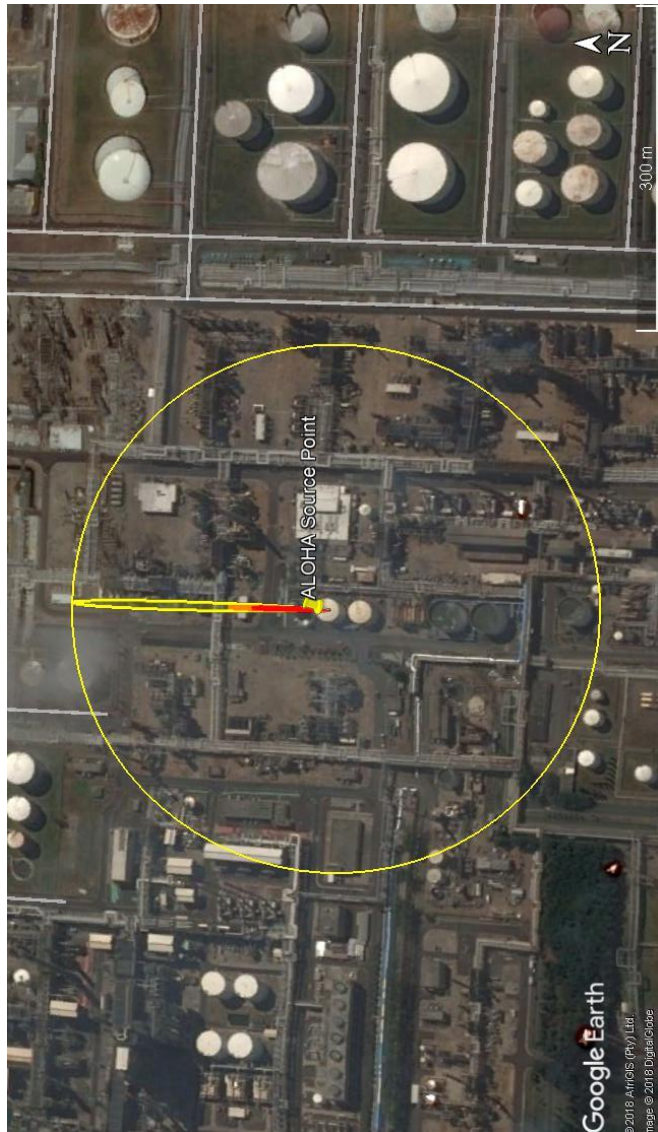
ketika arah angin menuju ke Timur dikarenakan daerah permukiman warga mayoritas berada di sebelah timur area kilang. SOP yang dibuat terdiri dari tiga yaitu:

- SOP Kebakaran yang dilakukan Pertamina
SOP ini digunakan apabila kebakaran terjadi di area kilang. SOP Kebakaran yang dilakukan Pertamina dapat dilihat pada Lampiran 5 halaman 115.
- SOP Kebakaran yang dilakukan Pemerintah
SOP ini digunakan apabila kebakaran terjadi di daerah permukiman warga. SOP Kebakaran yang dilakukan Pemerintah dapat dilihat pada Lampiran 5 halaman 116.
- SOP Paparan Gas Metana yang dilakukan Pertamina
SOP ini digunakan apabila kebocoran gas metana terjadi di area kilang. Berdasarkan hasil simulasi ALOHA, paparan gas metana tidak mencapai daerah permukiman warga sehingga SOP Paparan Gas Metana yang dilakukan pemerintah tidak dibuat. SOP Paparan Gas Metana yang dilakukan Pertamina dapat dilihat pada Lampiran 5 halaman 117.





Gambar 4.2 Visualisasi *Threat Zone* Skenario 18 (*Toxic Area*)



Gambar 4.3 Visualisasi *Threat Zone* Skenario 27 (*Flammable Area*)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah:

- 1) Beban emisi gas metana pada unit CDU dengan tekanan 147099,75 Pascal adalah 3916 kg, tekanan 141215,76 Pascal dengan jumlah gas 3759 kg, dan tekanan 135331,77 Pascal dengan jumlah gas 3602 kg.
- 2) *Threat zone* terjauh terjadi pada *yellow zone* yang terjadi pada *pipeline source* adalah 7300 m untuk *flammable area* dan 996 m untuk *toxic area*. Sedangkan untuk *threat zone* terjauh pada *tank source* adalah 248 m untuk *flammable area* dan 46 m untuk *toxic area* yang terjadi di Kelurahan Lomanis, Kecamatan Cilacap Tengah.
- 3) Hasil penilaian potensi bahaya yang tergolong *Extreme Risk* adalah kebocoran gas metana dan kegagalan pada sistem operasi. Setelah melakukan penilaian potensi dilakukan manajemen risiko yang digunakan sebagai acuan dalam membuat SOP. SOP yang dibuat terdiri dari tiga yaitu SOP Kebakaran yang dilakukan Pertamina, SOP Kebakaran yang dilakukan Pemerintah, dan SOP Paparan Gas Metana yang dilakukan Pertamina.

5.2 Saran

Dari penelitian ini dapat diberikan saran yang diharapkan bermanfaat bagi penelitian selanjutnya antara lain sebagai berikut:

- 1) Menggunakan kecepatan angin pada ketinggian sumber pencemar.
- 2) Melakukan analisis risiko berdasarkan dispersi pencemar.
- 3) Melakukan penelitian pada unit lain yang ada di kilang dan meneliti zat kimia lain selain metana misalnya etana, butana, propana, dll.

- 4) Melakukan penelitian dengan menggunakan *software* selain ALOHA yang memiliki fungsi yang sama seperti Arcie.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisa, W.G. 2012. **Analisis Faktor yang Mempengaruhi Pengungkapan Manajemen Risiko**. Laporan Skripsi. Semarang: Universitas Dipenogoro.
- Assomadi, A.F. 2016. **Pendekatan Baru Model Distribusi Pencemar di Atmosfer Perkotaan**. Laporan Disertasi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Bahrin, D., Anggraini, D., Pertiwi, M.B. 2011. "Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal Terhadap Komposisi Biogas Dari Sampah Organik Pasar di Kota Palembang". **Prosiding Seminar Nasional AVOER ke-3**. Palembang.
- Bayoumi, R.A. dan Abulhamd, A.T. 2010. **Optimization of Bacterial Biodegradation of Toluene and Phenol Under Different Nutritional and Environmental Conditions**. J. Appl. Sci. Res. 6, 1086-1095.
- Boedisantoso, R. 2002. **Teknologi Pengendalian Pencemar Udara**. Kontrak No. 066.17/DUE-Like I ITS/V/U/2002 tanggal 23 Mei 2002.
- Budiono, S.A.M., Jusuf, R.M.S., Pusparini, A. 2008. **Bunga Rampai Hiperkes & KK**. Cetakan Ketiga. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Citro, L. dan Gagliardi, R.V. 2012. **Risk Assessment of Hydrocarbon Releases by Pipeline**. Chemical Engineering Transactions 28 (2012) 85-90.
- Devold, H. 2013. **Oil and Gas Production Handbook : An Introduction to Oil and Gas Production, Transport, Refining, and Petrochemical Industry**. Oslo: ABB Oil and Gas.
- DNV GL. 2007. **Building Risk Competence**.

- Fadli, D., Irsyad, M., Susila, M.D. 2013. **Kaji Eksperimental Sistem Penyimpanan Biogas dengan Metode Pengkompresian dan Pendinginan pada Tabung Gas Sebagai Bahan Bakar Pengganti Gas LPG**. Jurnal FEMA Vol 1 No 4.
- Fahim, M.A., Al-Sahhaf, T.A., Elkilani, A.S. 2010. **Fundamentals of Petroleum Refining**. Elsevier B.V.
- Fauzia, N. 2009. **Kimia 2 Untuk SMA dan MA Kelas XI IPA**. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Firdausyiah, A.T. 2012. **Analisis Pemodelan Kebakaran Pada Tangki Timbun Bahan Bakar Minyak PT. McDermott Indonesia**. Skripsi. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Gary, J. H., Handwerk, G.E., Kaiser, M.J. 2007. **Petroleum Refining: Technology and Economics (Fifth Edition)**. Boca Raton: CRC Press.
- Guarnaccia, J. dan Hoppe, T. 2008. **Off-site Toxic Consequence Assessment: A Simplified Modelling Procedure and Case Study**. Journal of Hazardous Material 159 (2008) 177-184.
- Hanafi, M. M. 2014. **Risiko, Proses Manajemen Risiko, dan Enterprise Risk Management**.
- Hardjono, A. 2007. **Teknologi Minyak Bumi**. Cetakan Kedua. Yogyakarta: UGM Press.
- Hasad, A. 2011. **Verifikasi dan Validasi dalam Simulasi Model**. Bogor: IPB.
- Hasibuan, F. 2014. **Simulasi Model Dispersi Polutan Gas dan Partikulat Molekul Pada Pabrik Semen Dengan Menggunakan Software MATLAB 7.12**. Laporan Skripsi. Lampung: Universitas Lampung.

- Hendayana, S. 2006. **Kimia Pemisahan Metode Kromatografi dan Elektroforesis Modern**. Bandung: Remaja Rosdakarya Offset.
- Hui, S. dan Guoning, D. 2012. **Risk Quantitative Calculation and ALOHA Simulation On The Leakage Accident of Natural Gas Power Plant**. *Procedia Engineering* 45 (2012) 352-359.
- <https://emergencymanagement.zendesk.com/hc/en-us/articles/211412988-Different-results-using-ALOHA-and-RMP-Comp> diakses pada 30 Januari 2018 pukul 09.15.
- Inanloo, B. dan Tansel, B. 2015. **Explosion Impacts During Transport of Hazardous Cargo: GIS-based Characterization of Overpressure Impact and Delineation of Flammable Zones for Ammonia**. *Journal of Environmental Management* 156 (2015) 1-9.
- Irawan, S., Panjaitan, T.W.S., Bendatu, L.Y. 2015. **Penyusunan Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) di PT. X**. *Jurnal Titra*, Vol 3, No 1, 15 – 18.
- Jones, R., W. Lehr., D. Simecek-Beatty., R. Michael Reynolds. 2013. **ALOHA® (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) 5.4.4: Technical Documentation**. U.S. Dept. of Commerce, NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 43. Seattle, WA: Emergency Response Division, NOAA.96 PP.
- Khare, M dan Shiva, S.M. 2007. **Formulation of Delhi Finite Line Source Model (DFLSM), Artificial Neural Networks in Vehicular Pollution Modelling (SCI)** 41, 163-173.
- Kuncoro, M., Tandelilin, E.T., Ancok, D., Basuki, H., Purbasari, D.P., Adji, A., Wulandaru, D.R., Junarsin, E., Purwoto, H., Sulistyaningrum, E., Fitradi, A. 2009. **Transformasi Pertamina Dilema Antara Orientasi Bisnis dan Pelayanan Publik**. Yogyakarta: Galang Press

- Kusuma, S.H. 2012. **Penyusunan Model Sumber Emisi Gas Rumah Kaca Sebagai Aspek Sumber Daya Udara dalam Penataan Ruang di Kota Surabaya**. Laporan Tesis. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Leppert, J., Horner, G., Rietz, F., Ringer, J., Lammers, P.S., Boeker, P. 2012. **Near Real Time Detection of Hazardous Airborne Substances**. *Talanta* 101 (2012) 440 – 446.
- Lubis, A. R. 2014. **Analisis Mawar Gelombang (Wave Rose) di Pantai Lampung Timur**. Skripsi. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Milazzo, M.F., Ancione, G., Lisi, R. 2017. **Emissions of Volatile Organic Compounds During The Ship-Loading of Petroleum Products : Dispersion Modelling and Environmental Concerns**. *Journal of Environment Management* 204 (2017) 637-650.
- Muradi, M. 2015. **Analisa Risiko Kebakaran Proses Gas Liquefaction Pada FLNG**. Tesis. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- National Fire Protection Agency 1600. 2007. **Standart on Disaster/Emergency Management and Business Continuity Programs**. Massachusetts: NFPA. Inc.
- Nauli, 2002. **Pola Sebaran Polutan Dari Cerobong Asap**. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir P3TM-BATAN Yogyakarta 27 Juni 2002.
- Nugroho, A. 2009. **Produksi Gas Hasil Biodegradasi Minyak Bumi: Kajian Awal Aplikasinya Dalam *Microbial Enhanced Oil Recovery (MEOR)***. *Makara Sains* Vol 13 No 2, Novemver 2009. 111 – 116.

- Permatasari, D.I., Sunarsih, E., Faisya, H.A.F. 2016. **Analisis Konsekuensi Kebakaran dan Ledakan Pada Tangki LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) di PT Surya Esa Perkasa Tbk Palembang**. Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat Vol 7 No 02. Palembang: Univesitas Sriwijaya.
- Putra, M. D. 2017. **Rancang Bangun Alat *Monitoring Gas Metan* dalam Tambang Batu Bara Berbasis Android**. Laporan Tugas Akhir. Padang: Politeknik Negeri Padang.
- Radifan, M. 2016. **Analisis Dispersi Emisi Hidrokarbon Pada *Onshore Receiving Facilities X dan Y, PT. Z***. Laporan Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. **Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pedoman Perhitungan Beban Emisi Kegiatan Industri Minyak dan Gas Bumi**. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Ruhat, Y., Bey, A., Santosa, I., Nelwan, L.O. 2008. **Penyebaran Pencemaran Udara di Kawasan Industri Cilegon**. Vol 22 No 1. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Soleiman, N. 2008. **Model Sistem Dinamis Untuk Estimasi Pencemaran Udara Dari Emisi Kendaraan Bermotor di Jakarta**. Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi Vol 9. No 1. 1-10.
- Speight, J. G. dan El-Gendy, N. S. 2018. **Introduction to Petroleum Biotechnology**. Hal 41 – 68. Elsevier Inc.
- Suardi, R. 2005. **Sistem Manajemen Keselamatan Kerja dan Kesehatan Kerja**. Jakarta: PPM.
- Suryani, A.R. 2012. **Pengaruh Potensi Bahaya Terhadap Risiko Kecelakaan Kerja di Unit Produksi Industri Migas PT. X Aceh**. Tesis. Medan: Universitas Sumatera Utara.

- Tombette, M., Chazette, P., Sportisse, B., Roustan, Y. **Simulation of Aerosol Optical Properties Over Europe with a 3-D Size-Resolved Aerosol Model: Comparisons with AERONET Data.** Journal of Atmospheric Chemistry and Physics Vol 8, 7115-7132.
- Tseng, J.M., Su, T.S., Kuo, C.Y. 2012. **Consequence Evaluation of Toxic Chemical Releases by ALOHA.** International Symposium on Safety Science and Technology. Procedia Engineering 45 (2012) 384-389.
- Varjani, S.J., Rana, D.P., Jain, A.K., Bateja, S. Upasani, V.N. 2015. **Synergistic ex-situ Biodegradation of Crude Oil by Halotolerant Bacterial Consortium of Indigenous Strains Isolated From Onshore Sites of Gujarat, India.** International Biodeterioration and Biodegradation 103 (2015) 116-124.
- Visscher, A.D. 2014. **Air Dispersion Modelling: Foundation and Applications.** Kanada: University Of Calgary
- Wang, Y., Ibrahim, S.S, Malalasekera, W. 2012. **On the Modelling of Explosion Deflagrating Flames.** International Symposium on Safety Science and Technology. Procedia Engineering. 390-398.
- Wijayanti, D. 2012. **Kajian Model Penyebaran Karbondioksida dari Kegiatan Industri Kota Surabaya.** Laporan Tesis. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Witlox, H.W.M dan Oke, A. 2008. **Verification and Validation of Consequence Models For Accidental Release of Hazardous Chemicals to The Atmosphere.** DNV Software. London.
- Zulfiana, E dan Musyafa', A. 2013. **Analisis Bahaya dengan Metode Hazop dan Manajemen Risiko pada Steam Turbine PLTU di Unit 5 Pembangkitan Listrik Paiton (PT. YTL Jawa Timur).** Jurnal Teknik POMITS Vol 2 No 2 (2013).

LAMPIRAN 1
Data Meteorologi Kabupaten Cilacap Tahun 2017

Tanggal	Kecepatan Angin (knot)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)	Suhu Rata - Rata (°C)	Kelembaban Rata - Rata (%)	Arah Angin Terbanyak	Arah Angin Saat Kecepatan Maks
01/01/2017	2	4	27	86	W	S
02/01/2017	2	5	27.4	86	W	W
03/01/2017	2	6	27	86	N	S
04/01/2017	1	3	27.5	85	N	E
05/01/2017	1	5	27.6	84	N	NW
06/01/2017	1	2	27.3	85	N	SE
07/01/2017	1	4	27.8	85	N	W
08/01/2017	1	4	28.4	78	N	N
09/01/2017	1	5	26.9	88	N	SW
10/01/2017	1	3	27.7	86	N	SE
11/01/2017	2	8	28.2	83	N	SW
12/01/2017	2	7	28.4	80	W	W
13/01/2017	3	10	28	80	W	W
14/01/2017	3	11	27.1	83	W	W
15/01/2017	1	4	27.4	85	W	SW
16/01/2017	2	6	27.6	83	N	SW
17/01/2017	2	7	27	86	N	W
18/01/2017	1	5	26.9	86	N	SW
19/01/2017	2	10	27.9	83	N	SW
20/01/2017	2	7	27.5	83	N	W
21/01/2017	1	5	27.9	82	N	W
22/01/2017	2	4	27.5	84	N	W
23/01/2017	1	3	27.4	83	N	E

Tanggal	Kecepatan Angin (knot)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)	Suhu Rata - Rata (°C)	Kelembaban Rata - Rata (%)	Arah Angin Terbanyak	Arah Angin Saat Kecepatan Maks
24/01/2017	2	5	28.8	77	NW	SW
25/01/2017	2	4	27.1	86	W	W
26/01/2017	1	2	27.1	83	W	W
27/01/2017	3	9	27.8	82	W	SW
28/01/2017	2	7	27.6	83	W	SW
29/01/2017	2	8	26.5	87	W	W
30/01/2017	2	6	26.9	85	N	NW
31/01/2017	1	4	26.9	87	N	E
01/02/2017	2	7	27.2	84	W	SW
02/02/2017	3	8	26.7	86	W	W
03/02/2017	2	8	27.6	78	N	SW
04/02/2017	2	7	27.8	78	W	SW
05/02/2017	3	6	27.7	79	W	W
06/02/2017	4	11	28	80	W	W
07/02/2017	2	6	28.1	79	W	W
08/02/2017	2	4	28	79	W	W
09/02/2017	2	10	26.3	88	W	SW
10/02/2017	2	9	26.4	88	W	SW
11/02/2017	1	3	27.6	90	N	NW
12/02/2017	1	4	25.4	92	N	W
13/02/2017	2	5	26.9	85	N	SW
14/02/2017	2	6	26	89	N	W
15/02/2017	1	4	26.7	86	N	SW
16/02/2017	2	7	27.1	82	N	SW
17/02/2017	1	3	27.3	81	N	W
18/02/2017	2	7	27.8	85	N	S
19/02/2017	2	6	27.8	86	W	S

Tanggal	Kecepatan Angin (knot)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)	Suhu Rata - Rata (°C)	Kelembaban Rata - Rata (%)	Arah Angin Terbanyak	Arah Angin Saat Kecepatan Maks
20/02/2017	1	3	27.8	85	N	SE
21/02/2017	1	3	25.9	91	N	SW
22/02/2017	1	4	27.5	86	N	SW
23/02/2017	1	3	26.7	86	N	SE
24/02/2017	1	5	27.9	82	N	N
25/02/2017	2	5	27.7	84	N	E
26/02/2017	1	6	27.8	83	N	SE
27/02/2017	2	7	27.9	82	N	S
28/02/2017	2	6	27.5	85	NW	S
01/03/2017	1	3	27.6	82	N	S
02/03/2017	2	6	27.7	81	SE	SE
03/03/2017	2	6	28.2	83	N	E
04/03/2017	1	4	27.2	85	N	SE
05/03/2017	1	4	28.3	80	N	E
06/03/2017	2	4	28	82	W	W
07/03/2017	1	3	28.2	80	N	SE
08/03/2017	1	4	27.9	80	N	SE
09/03/2017	2	3	28.4	78	W	SW
10/03/2017	1	4	27.6	82	N	SW
11/03/2017	1	4	28.2	80	N	S
13/03/2017	2	5	28.2	81	N	W
14/03/2017	2	4	26.1	87	N	SE
15/03/2017	2	6	27.6	81	W	SW
16/03/2017	2	4	27.5	81	N	W
17/03/2017	2	5	28	83	N	SE
18/03/2017	2	5	27.2	86	N	SW
19/03/2017	2	6	27.6	80	N	SW

Tanggal	Kecepatan Angin (knot)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)	Suhu Rata - Rata (°C)	Kelembaban Rata - Rata (%)	Arah Angin Terbanyak	Arah Angin Saat Kecepatan Maks
20/03/2017	2	7	27	83	N	N
21/03/2017	1	4	26.7	87	N	S
22/03/2017	1	4	27.9	82	N	NW
23/03/2017	1	4	28.8	77	N	NW
24/03/2017	1	4	28.7	83	N	S
25/03/2017	3	7	28.8	83	W	SW
27/03/2017	1	6	28.1	80	N	SW
28/03/2017	1	3	29	74	N	W
29/03/2017	2	4	28.2	82	SW	SW
30/03/2017	2	4	28.6	79	N	S
31/03/2017	1	7	26.9	85	N	NW
01/04/2017	1	3	27.3	83	N	W
02/04/2017	2	4	27.8	82	N	SE
03/04/2017	2	6	26.6	86	N	SE
04/04/2017	2	4	27.1	82	N	SE
05/04/2017	1	3	27.1	87	N	SW
06/04/2017	2	4	27	86	W	SW
07/04/2017	1	3	27.4	83	N	SW
08/04/2017	1	4	28.5	81	N	SW
09/04/2017	2	5	27.3	84	N	E
10/04/2017	1	3	28	83	N	SE
11/04/2017	2	4	28.1	81	SE	SW
12/04/2017	2	3	28	83	SE	SE
13/04/2017	2	4	27.9	85	N	SE
14/04/2017	2	4	28.1	80	N	E
15/04/2017	2	4	28.5	76	N	SE
16/04/2017	1	4	27.8	81	N	S

Tanggal	Kecepatan Angin (knot)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)	Suhu Rata - Rata (°C)	Kelembaban Rata - Rata (%)	Arah Angin Terbanyak	Arah Angin Saat Kecepatan Maks
17/04/2017	2	5	28.4	79	S	S
18/04/2017	2	4	26.7	88	NW	NW
19/04/2017	1	3	27.1	85	N	W
20/04/2017	2	4	27.8	85	SE	SE
21/04/2017	1	3	27.5	86	N	S
22/04/2017	1	3	28.1	90	N	S
23/04/2017	1	4	27.4	84	N	SW
24/04/2017	2	4	28.3	82	SE	SE
25/04/2017	2	5	28.2	80	SE	SE
27/04/2017	1	4	27.4	86	N	E
28/04/2017	1	6	27.3	85	N	NE
29/04/2017	1	2	26.6	86	N	E
30/04/2017	1	3	28.1	81	N	SE
01/05/2017	2	6	27.8	85	SE	E
02/05/2017	2	3	28.3	83	SE	SE
03/05/2017	2	4	28	84	E	E
04/05/2017	2	6	28.3	86	N	E
05/05/2017	2	4	28.3	81	SE	SE
06/05/2017	2	4	28.3	81	SE	E
07/05/2017	2	4	28	84	E	E
08/05/2017	4	7	28.1	82	E	E
09/05/2017	5	8	28.8	80	E	E
10/05/2017	3	8	28.8	75	E	E
11/05/2017	2	4	27.5	84	SE	SE
12/05/2017	3	5	27.6	83	E	E
13/05/2017	2	7	27.6	79	E	SE
14/05/2017	2	4	26.8	84	E	E

Tanggal	Kecepatan Angin (knot)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)	Suhu Rata - Rata (°C)	Kelembaban Rata - Rata (%)	Arah Angin Terbanyak	Arah Angin Saat Kecepatan Maks
15/05/2017	2	5	27.2	83	E	E
16/05/2017	3	5	28.1	85	E	E
17/05/2017	2	6	28	80	E	SE
18/05/2017	3	6	27.3	83	E	N
19/05/2017	3	6	27.3	80	E	E
20/05/2017	2	4	27.2	82	N	SE
21/05/2017	3	7	27	81	SE	E
22/05/2017	3	4	26.9	81	E	E
23/05/2017	4	8	27.7	77	E	E
24/05/2017	3	8	27.2	76	E	E
25/05/2017	2	4	26.4	84	E	E
26/05/2017	3	5	27.3	84	E	E
27/05/2017	3	7	27	89	E	E
28/05/2017	2	5	27.5	89	E	E
29/05/2017	1	3	26.6	89	N	E
30/05/2017	2	6	27.8	86	SE	SE
31/05/2017	2	5	26.6	92	E	E
01/06/2017	2	6	27.5	85	E	SE
02/06/2017	3	6	27	87	E	E
03/06/2017	3	7	27.1	85	E	E
04/06/2017	2	6	26.9	80	N	SE
05/06/2017	1	4	27.2	84	N	SE
06/06/2017	2	5	27.3	86	E	E
07/06/2017	3	6	27.9	85	E	SE
08/06/2017	3	5	27.2	86	E	E
09/06/2017	3	5	27.7	83	E	E
10/06/2017	3	6	27.5	82	E	SE

Tanggal	Kecepatan Angin (knot)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)	Suhu Rata - Rata (°C)	Kelembaban Rata - Rata (%)	Arah Angin Terbanyak	Arah Angin Saat Kecepatan Maks
11/06/2017	2	6	27.5	85	SE	SE
12/06/2017	2	3	27.7	83	N	S
13/06/2017	2	6	26.5	87	SE	SE
14/06/2017	2	4	27.5	86	SE	SE
15/06/2017	1	3	27	91	N	W
16/06/2017	3	5	27.4	88	SE	SE
17/06/2017	4	6	28	77	E	E
18/06/2017	2	4	26.4	79	SE	E
19/06/2017	2	4	24.4	93	NW	S
20/06/2017	2	4	25.8	85	E	E
21/06/2017	3	6	26.8	86	E	E
22/06/2017	3	7	27.3	88	E	E
23/06/2017	2	4	27.2	87	SE	E
24/06/2017	2	5	26.3	90	N	SE
25/06/2017	3	12	26.2	91	E	SE
26/06/2017	4	9	26.7	88	E	E
27/06/2017	3	4	26.8	86	E	SE
28/06/2017	4	7	26.9	84	E	SE
29/06/2017	5	8	27.2	76	E	E
30/06/2017	2	5	26.4	81	N	E
01/07/2017	4	8	26.1	84	E	SE
02/07/2017	4	7	27.2	82	E	SE
03/07/2017	5	7	26.8	82	E	SE
04/07/2017	4	6	26.8	81	E	E
05/07/2017	3	6	26.4	82	E	E
06/07/2017	3	5	25.7	84	E	E
07/07/2017	3	7	25.3	83	E	E

Tanggal	Kecepatan Angin (knot)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)	Suhu Rata - Rata (°C)	Kelembaban Rata - Rata (%)	Arah Angin Terbanyak	Arah Angin Saat Kecepatan Maks
08/07/2017	4	10	25.5	89	E	E
09/07/2017	3	5	25	89	E	E
10/07/2017	3	7	25.2	87	E	SE
11/07/2017	3	5	25.9	84	E	SE
12/07/2017	3	6	25.6	83	SE	SE
13/07/2017	4	7	26	87	E	SE
14/07/2017	4	7	26.5	87	SE	SE
15/07/2017	4	7	26.5	85	E	N
16/07/2017	4	7	26	80	E	E
17/07/2017	3	7	24.7	81	E	E
18/07/2017	3	5	25.9	84	E	SE
19/07/2017	3	6	25.4	89	E	SE
20/07/2017	3	6	26.3	85	E	SE
21/07/2017	3	7	25.9	83	E	SE
22/07/2017	3	5	26.4	84	E	E
23/07/2017	3	5	26.5	85	E	E
24/07/2017	3	6	25.8	78	E	E
25/07/2017	3	7	25.5	79	E	E
26/07/2017	3	5	24.4	89	SE	SE
27/07/2017	3	7	26.1	83	E	SE
28/07/2017	4	7	26.3	87	SE	SE
29/07/2017	4	7	25.7	88	E	E
30/07/2017	4	6	26.3	86	E	E
31/07/2017	3	6	26.3	80	SE	E
01/08/2017	4	5	25.6	83	E	E
02/08/2017	5	7	26	82	SE	E
03/08/2017	4	7	25.3	85	E	E

Tanggal	Kecepatan Angin (knot)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)	Suhu Rata - Rata (°C)	Kelembaban Rata - Rata (%)	Arah Angin Terbanyak	Arah Angin Saat Kecepatan Maks
04/08/2017	4	5	25.3	83	E	E
05/08/2017	4	8	25.4	85	E	SE
06/08/2017	4	5	25.1	85	E	E
07/08/2017	4	8	25.4	85	E	SE
08/08/2017	3	5	25.3	89	E	SE
09/08/2017	3	5	25.7	86	SE	E
10/08/2017	2	4	25.3	87	E	E
11/08/2017	3	8	25.6	84	E	SE
12/08/2017	2	4	25.1	86	SE	E
13/08/2017	3	6	25.8	86	E	SE
14/08/2017	2	5	25.8	86	E	SE
15/08/2017	2	4	25.4	83	E	E
16/08/2017	3	7	24.2	87	E	E
17/08/2017	3	5	25.6	77	E	SE
18/08/2017	3	5	25	85	E	E
19/08/2017	4	8	25.9	87	E	E
20/08/2017	4	6	26.2	85	E	E
21/08/2017	4	9	26.1	83	E	SE
22/08/2017	4	8	25.9	82	E	E
23/08/2017	5	7	25.2	83	SE	SE
24/08/2017	4	10	26.6	82	E	E
25/08/2017	4	7	26	83	E	E
26/08/2017	4	7	26	81	E	E
27/08/2017	4	6	26.1	81	E	E
28/08/2017	4	7	26.3	81	E	SE
29/08/2017	4	10	26.1	81	E	N
30/08/2017	4	8	25.9	79	SE	E

Tanggal	Kecepatan Angin (knot)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)	Suhu Rata - Rata (°C)	Kelembaban Rata - Rata (%)	Arah Angin Terbanyak	Arah Angin Saat Kecepatan Maks
01/09/2017	3	5	24.7	83	E	SE
02/09/2017	4	7	25.4	81	E	E
03/09/2017	3	5	25.4	82	E	SE
04/09/2017	4	7	26.2	84	E	SE
05/09/2017	4	7	26.2	85	E	SE
06/09/2017	3	4	26.1	85	E	SE
07/09/2017	3	6	25.3	86	E	SE
08/09/2017	4	7	26.5	84	E	E
09/09/2017	3	7	26.5	85	SE	SE
10/09/2017	3	7	26.7	84	SE	SE
11/09/2017	4	8	26.3	83	E	E
12/09/2017	4	7	26.4	75	E	N
13/09/2017	4	7	25.5	81	E	SE
14/09/2017	3	6	26.6	79	E	E
15/09/2017	2	6	25.7	84	E	E
16/09/2017	3	7	26.3	79	E	SE
17/09/2017	4	8	26.9	86	E	SE
18/09/2017	3	6	26.8	77	E	E
19/09/2017	2	7	24.9	83	SE	E
20/09/2017	3	7	25.6	79	SE	SE
21/09/2017	4	8	25.3	82	E	SE
22/09/2017	2	4	26.6	79	SE	SE
23/09/2017	4	7	26.8	82	SE	SE
24/09/2017	3	6	25.6	88	SE	SE
25/09/2017	4	8	25.8	91	SE	SE
26/09/2017	3	8	26.1	92	SE	SE
27/09/2017	1	5	25.5	93	N	NW

Tanggal	Kecepatan Angin (knot)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)	Suhu Rata - Rata (°C)	Kelembaban Rata - Rata (%)	Arah Angin Terbanyak	Arah Angin Saat Kecepatan Maks
28/09/2017	3	7	26.3	88	E	SE
29/09/2017	5	9	27.6	83	E	SE
30/09/2017	4	6	27.3	83	SE	E
01/10/2017	4	6	27.4	82	SE	SE
02/10/2017	3	4	27	81	SE	SE
03/10/2017	2	4	26	87	SE	SE
04/10/2017	4	7	26.6	85	SE	SE
05/10/2017	4	6	26.8	88	E	SE
06/10/2017	4	7	28	84	SE	E
07/10/2017	2	7	25.8	95	N	SE
08/10/2017	2	6	26.9	89	SE	SE
09/10/2017	3	6	27.4	85	SE	SE
10/10/2017	4	6	27.1	89	SE	SE
11/10/2017	2	4	27.7	92	E	E
12/10/2017	2	5	27.9	88	E	SE
13/10/2017	3	7	28	84	SE	SE
14/10/2017	2	4	27.9	82	SE	SE
15/10/2017	2	4	27.4	84	SE	SE
16/10/2017	1	3	24.6	97	N	E
17/10/2017	2	5	25.4	90	E	SE
18/10/2017	3	7	24.8	93	SE	SE
19/10/2017	2	5	28	80	SE	SE
20/10/2017	2	4	26.9	83	SE	E
21/10/2017	3	6	27.7	81	SE	SE
22/10/2017	3	5	27.8	76	SE	S
23/10/2017	2	4	28.5	73	S	SE
24/10/2017	2	4	27	85	SE	SE

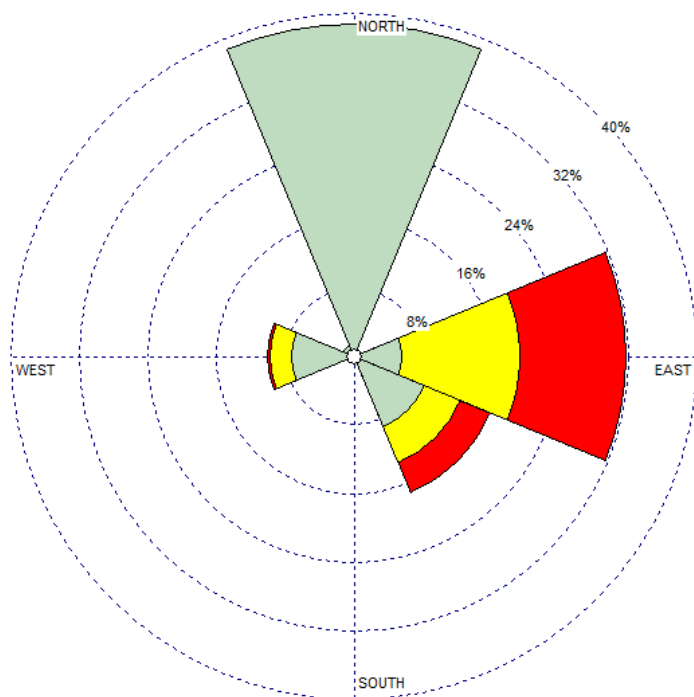
Tanggal	Kecepatan Angin (knot)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)	Suhu Rata - Rata (°C)	Kelembaban Rata - Rata (%)	Arah Angin Terbanyak	Arah Angin Saat Kecepatan Maks
25/10/2017	2	4	26.8	86	N	SE
26/10/2017	1	4	26.7	87	N	E
27/10/2017	2	3	26.6	84	N	E
28/10/2017	1	3	25.9	91	N	E
29/10/2017	2	3	26.1	89	E	SE
30/10/2017	2	5	25.7	92	SE	SE
31/10/2017	2	4	27.9	80	SE	SE
01/11/2017	1	4	26.5	82	N	SE
02/11/2017	1	3	27.5	82	N	S
03/11/2017	2	3	29	78	SE	SE
04/11/2017	2	3	26.7	88	N	E
05/11/2017	2	3	27.7	83	SE	SE
06/11/2017	2	4	28.3	81	N	SE
07/11/2017	1	4	27.6	87	N	NW
08/11/2017	1	5	27.4	84	N	NE
09/11/2017	1	4	27.3	83	N	SE
11/11/2017	2	5	28	84	SE	SE
12/11/2017	2	4	27.2	86	N	SE
13/11/2017	1	4	27	83	N	E
14/11/2017	2	4	29.4	84	N	SE
15/11/2017	1	3	26.9	86	N	SW
16/11/2017	1	4	27	87	NW	S
17/11/2017	1	3	27.7	82	N	S
18/11/2017	1	4	27.6	83	N	SE
20/11/2017	1	4	26.6	86	N	W
21/11/2017	1	3	26.2	89	N	SE
22/11/2017	1	3	26.9	88	N	SW

Tanggal	Kecepatan Angin (knot)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)	Suhu Rata - Rata (°C)	Kelembaban Rata - Rata (%)	Arah Angin Terbanyak	Arah Angin Saat Kecepatan Maks
23/11/2017	2	4	27	87	SW	SW
24/11/2017	2	3	27.1	87	W	W
25/11/2017	2	4	25.5	88	W	W
26/11/2017	3	5	27	82	W	W
27/11/2017	2	5	26.3	87	W	W
28/11/2017	3	6	28	85	W	W
29/11/2017	2	7	27.5	84	N	W
30/11/2017	2	4	27.1	82	N	N
01/12/2017	3	7	26.7	86	W	W
02/12/2017	2	6	27.3	80	N	W
03/12/2017	2	4	28.1	77	SW	SW
04/12/2017	2	5	29.3	76	N	SW
05/12/2017	1	5	28.8	76	N	SW
06/12/2017	2	4	28.7	77	N	SW
07/12/2017	2	6	28.9	77	W	S
08/12/2017	2	5	28.2	80	N	SW
09/12/2017	2	4	28.4	82	N	SW
10/12/2017	1	3	25.5	93	N	W
11/12/2017	1	4	25.9	92	N	W
13/12/2017	1	3	25.5	90	N	S
14/12/2017	1	2	26.6	84	N	S
15/12/2017	1	3	27	85	N	S
16/12/2017	1	3	27.6	82	N	S
17/12/2017	2	7	27.5	81	N	SW
18/12/2017	2	5	27.6	80	N	W
19/12/2017	2	7	26.7	86	N	SW
20/12/2017	1	3	25.5	92	N	SE

Tanggal	Kecepatan Angin (knot)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)	Suhu Rata - Rata (°C)	Kelembaban Rata - Rata (%)	Arah Angin Terbanyak	Arah Angin Saat Kecepatan Maks
21/12/2017	2	5	27.5	84	N	SW
22/12/2017	1	3	26.5	84	N	SW
23/12/2017	1	4	27.4	79	N	SW
24/12/2017	1	6	28.1	75	N	SW
25/12/2017	2	7	28.6	75	W	SW
26/12/2017	2	5	29	76	N	SW
27/12/2017	2	4	27.5	81	W	W
28/12/2017	1	3	27.7	85	W	SW
29/12/2017	1	4	28.3	82	N	SE
30/12/2017	1	3	27.4	84	N	SE
31/12/2017	1	7	27.9	84	N	S
Rata - Rata	2.30	5.34	27.01	83.78	N	SE

LAMPIRAN 2

Windrose



WIND SPEED
(Knots)

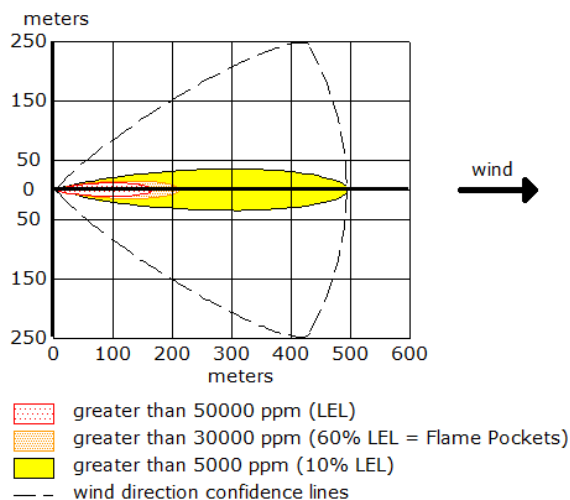


Calms: 0.00%

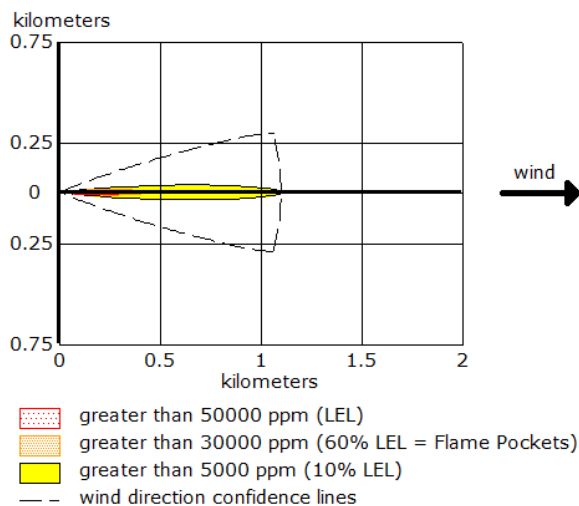
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 3

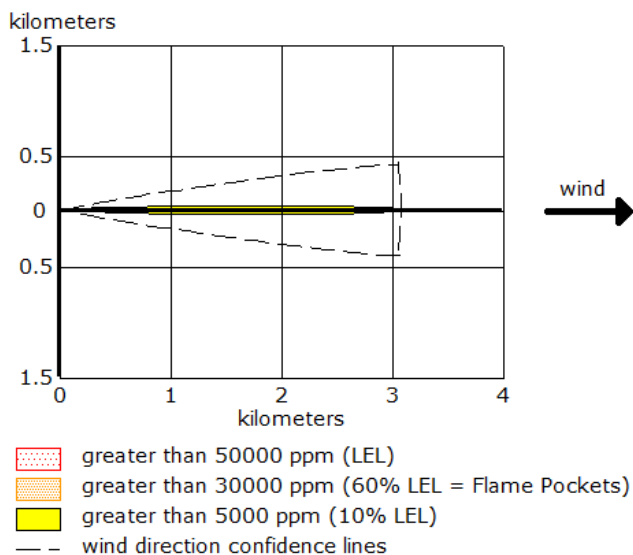
Visualisasi *Threat Zone* ALOHA



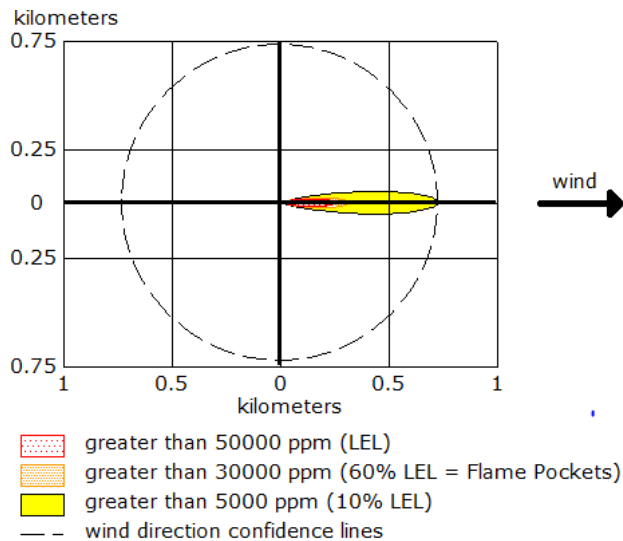
Skenario 1



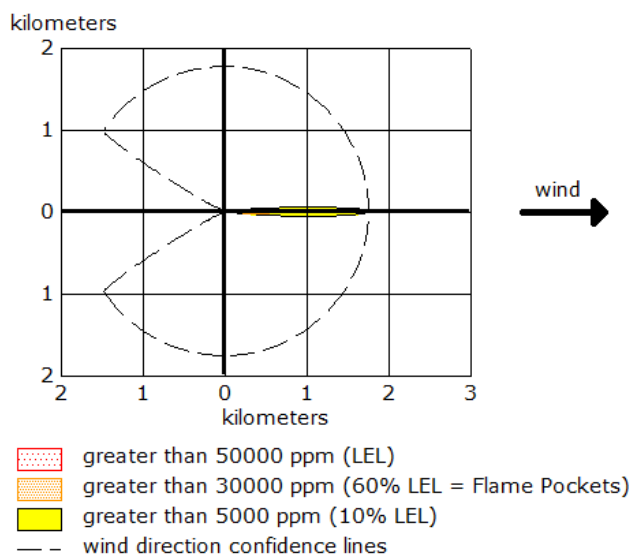
Skenario 2



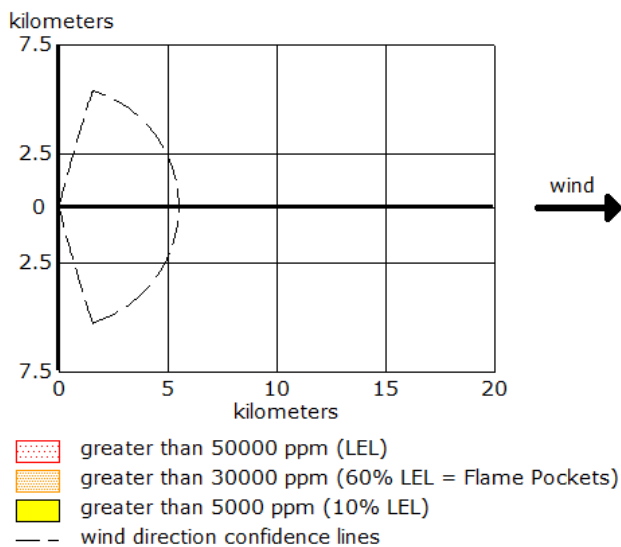
Skenario 3



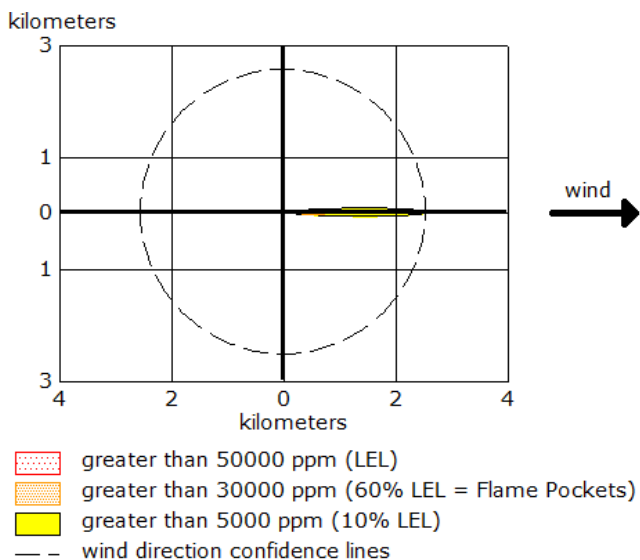
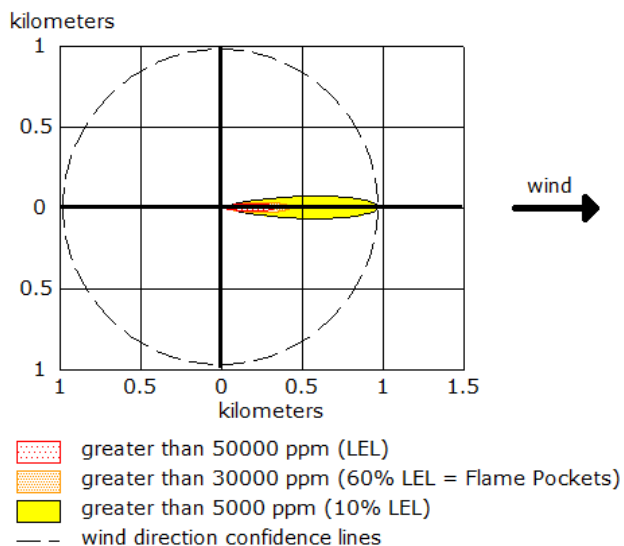
Skenario 4

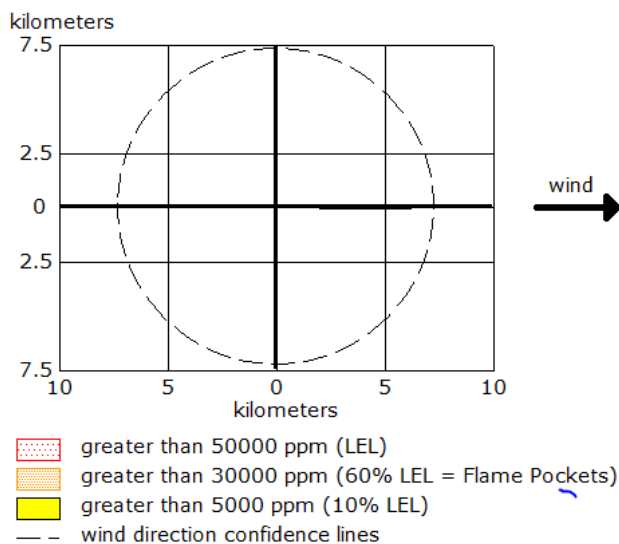


Skenario 5

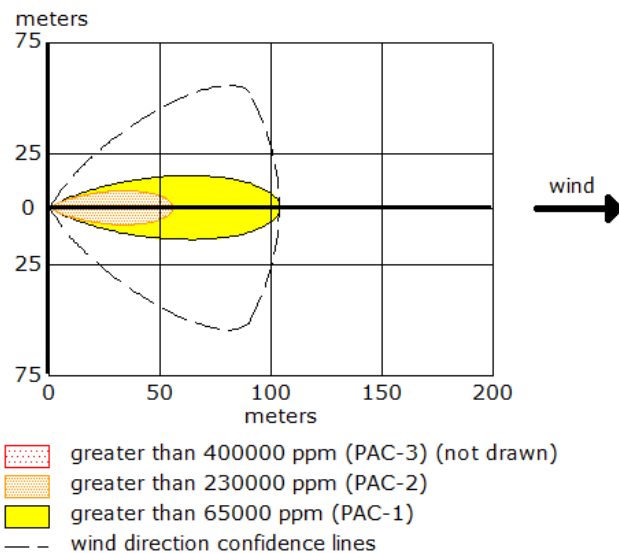


Skenario 6

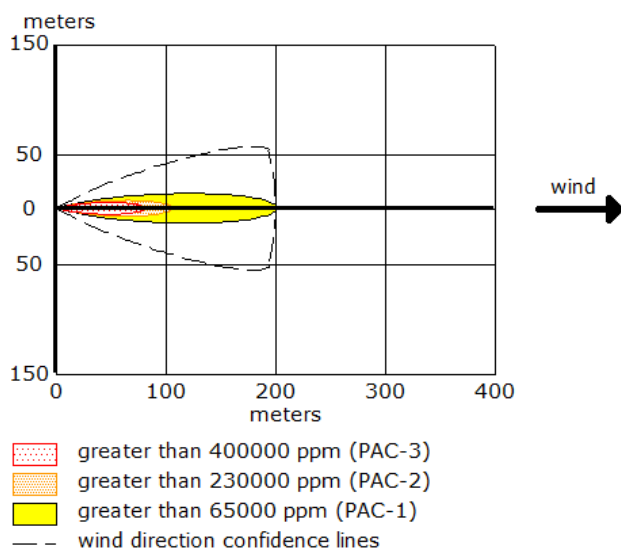




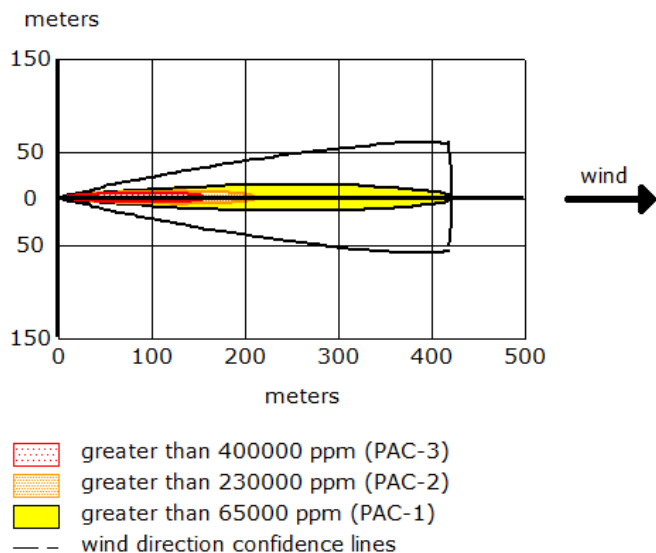
Skenario 9



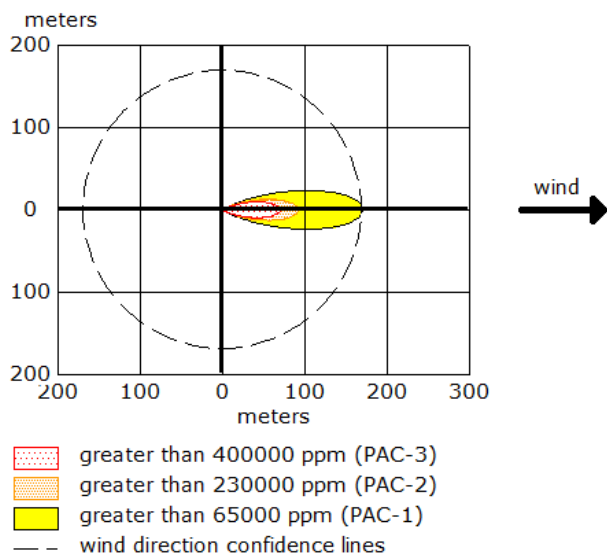
Skenario 10



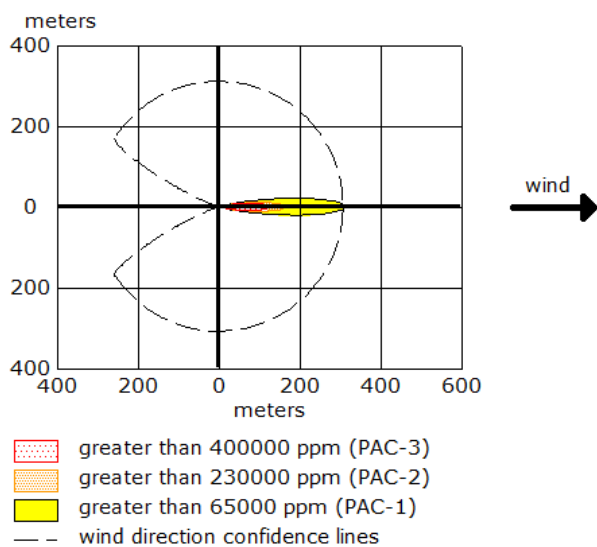
Skenario 11



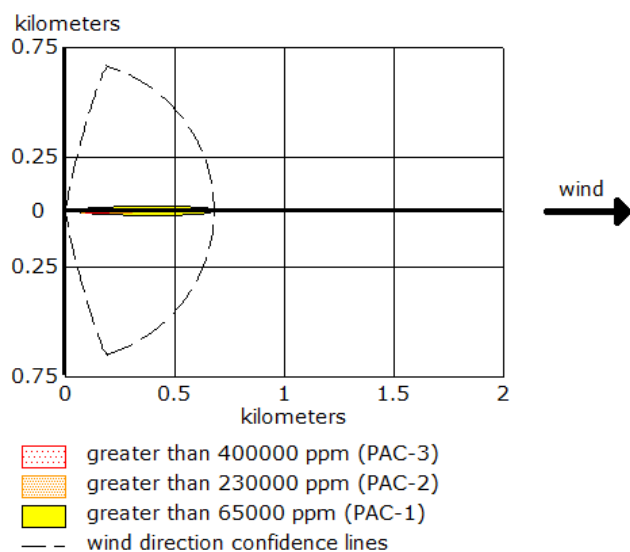
Skenario 12



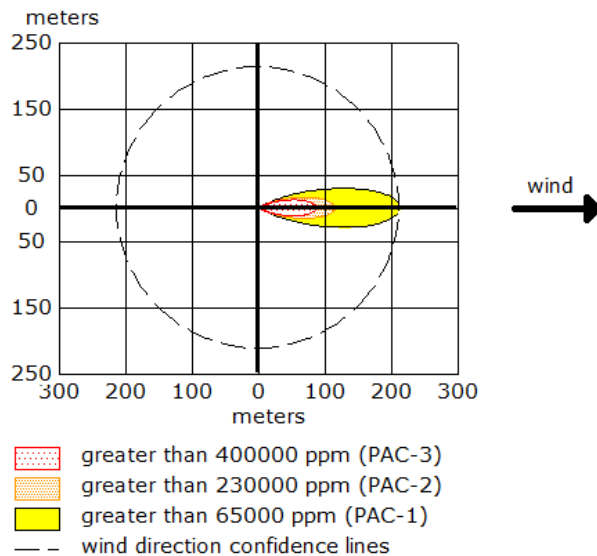
Skenario 13



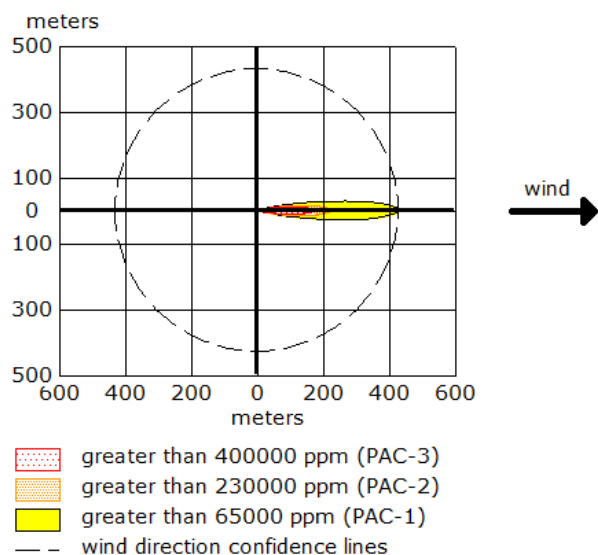
Skenario 14



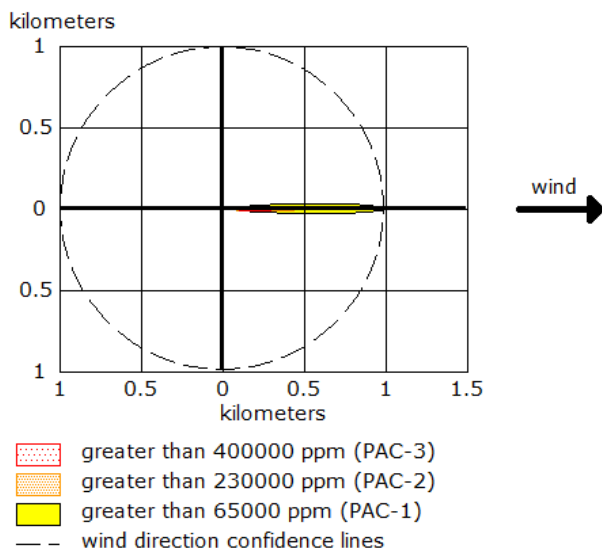
Skenario 15



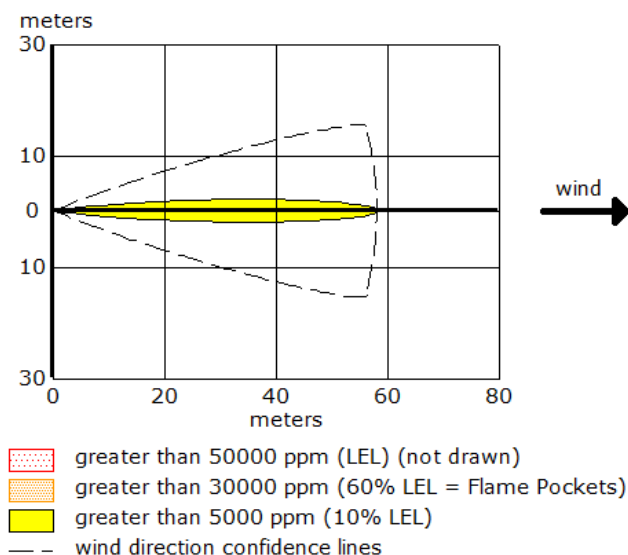
Skenario 16



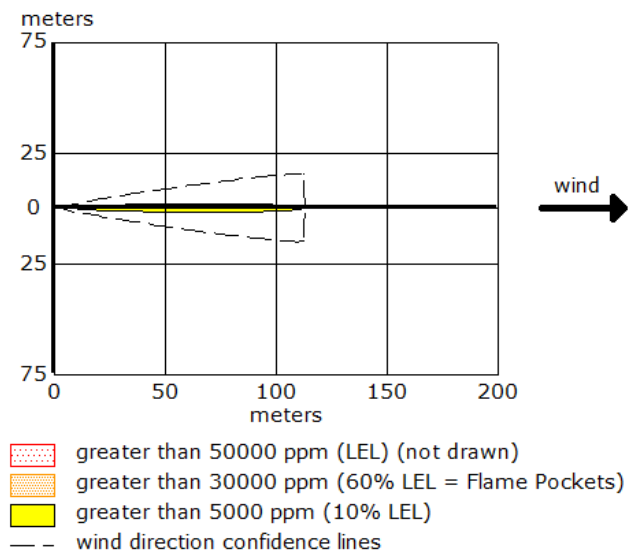
Skenario 17



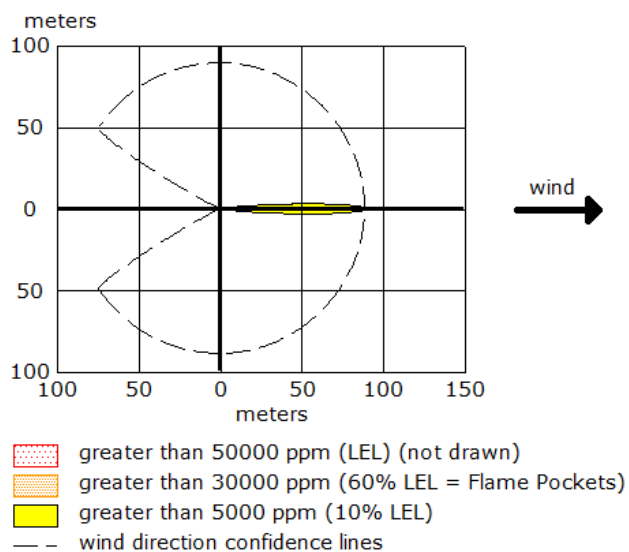
Skenario 18



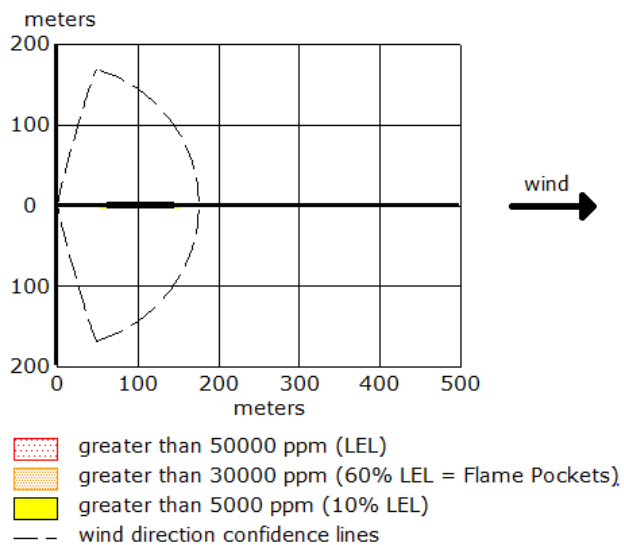
Skenario 20



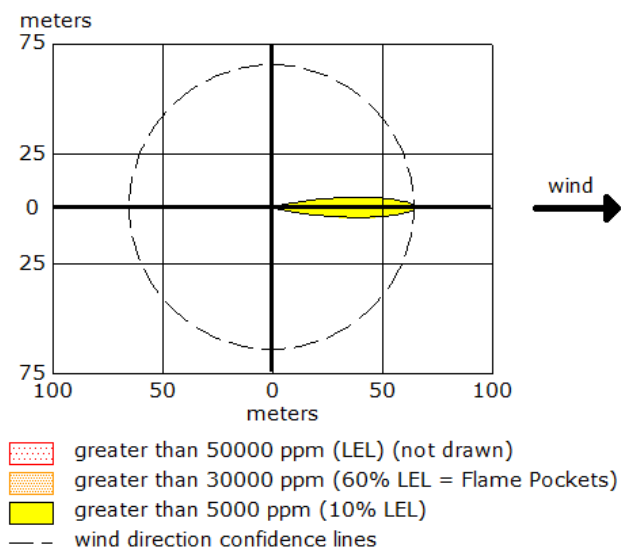
Skenario 21



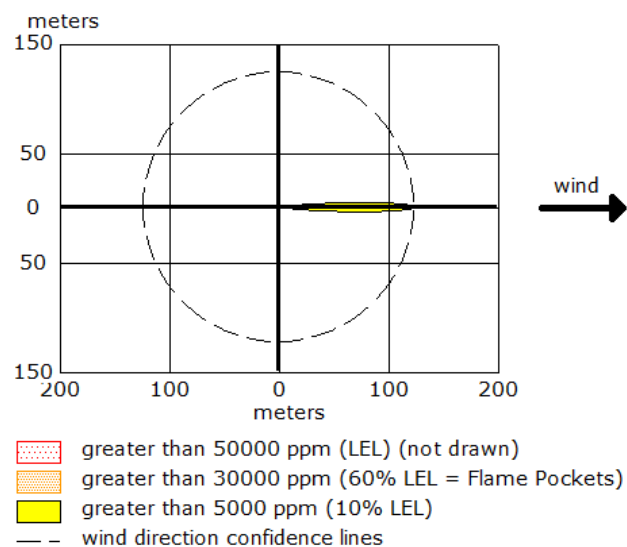
Skenario 23



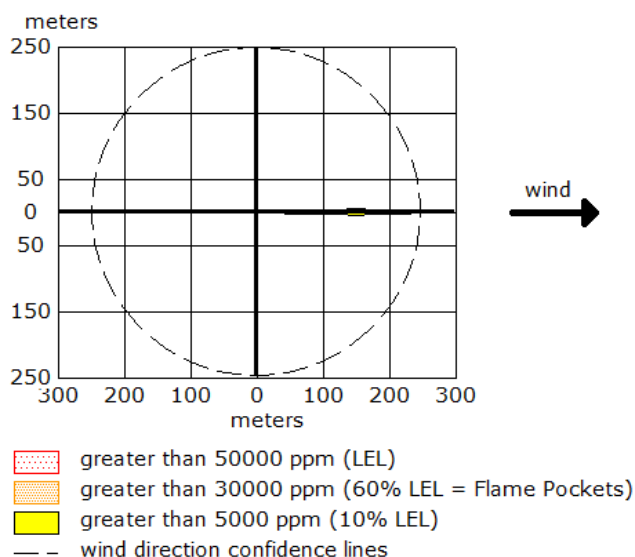
Skenario 24



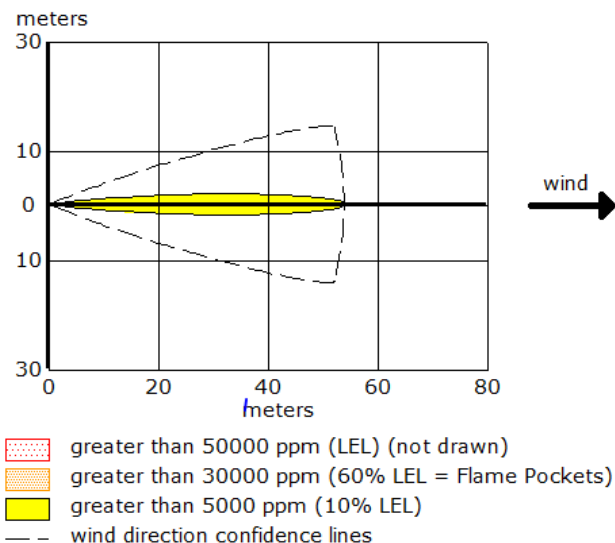
Skenario 25



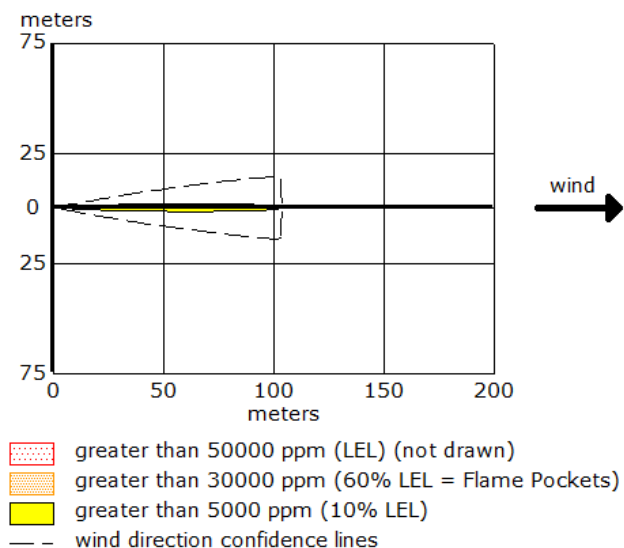
Skenario 26



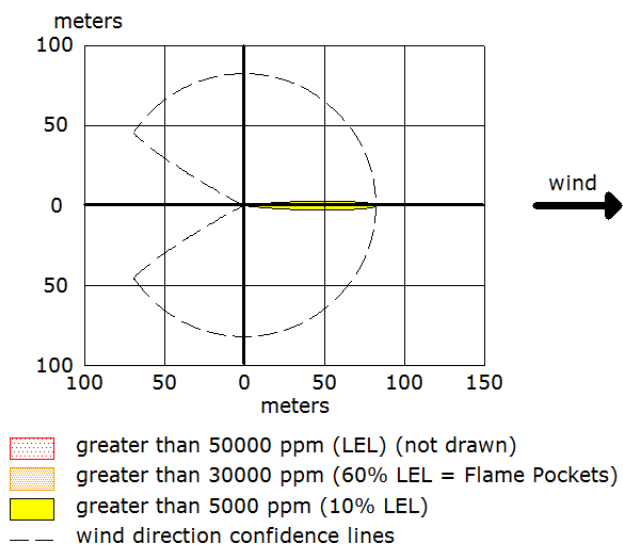
Skenario 27



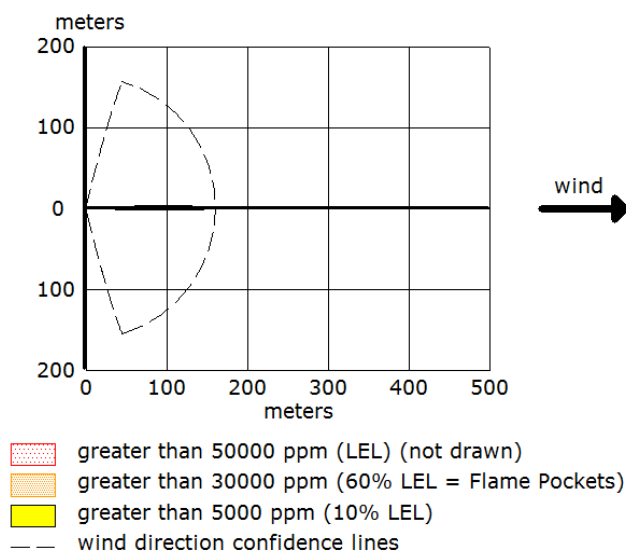
Skenario 29



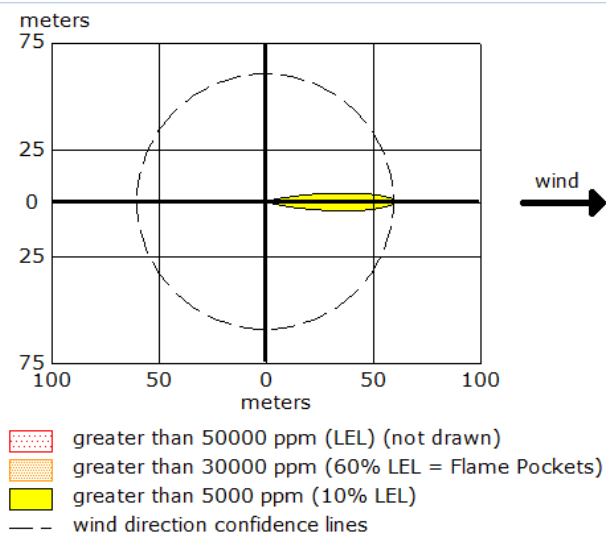
Skenario 30



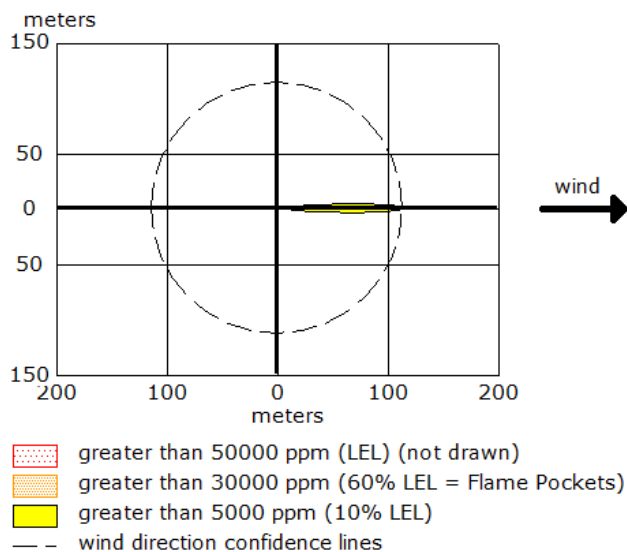
Skenario 32



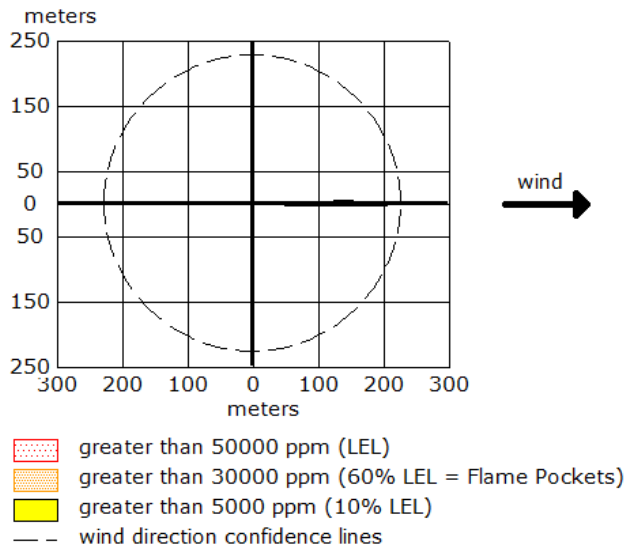
Skenario 33



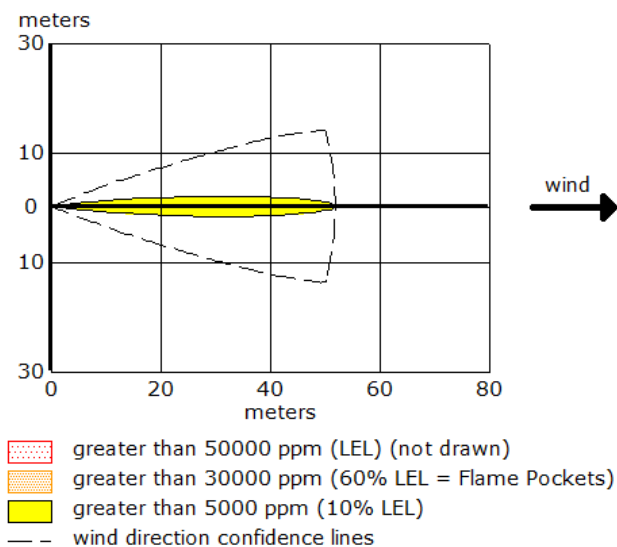
Skenario 34



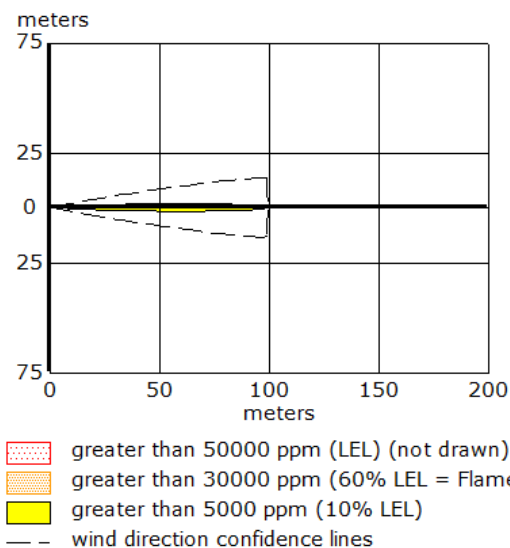
Skenario 35



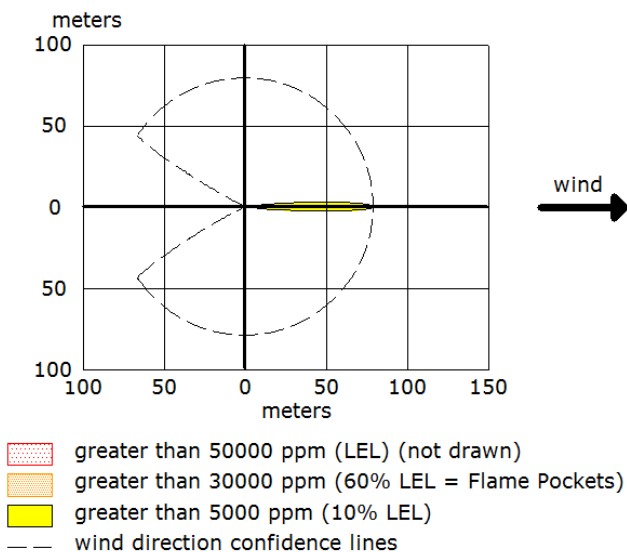
Skenario 36



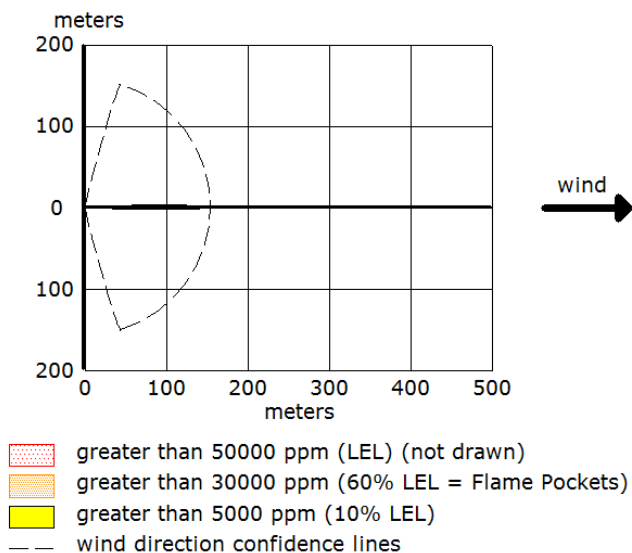
Skenario 38



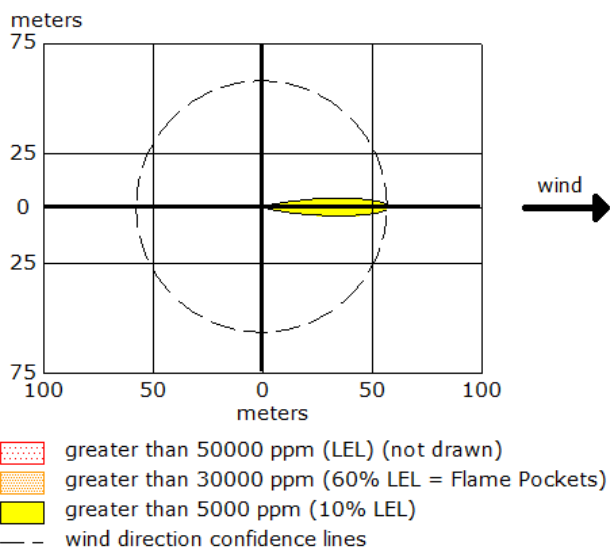
Skenario 39



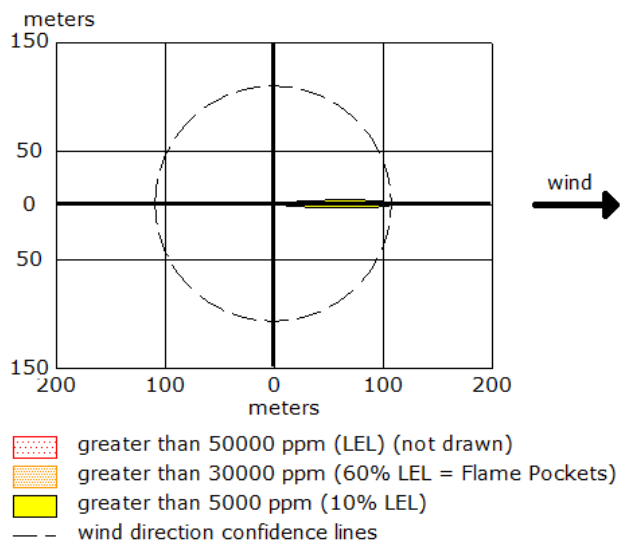
Skenario 41



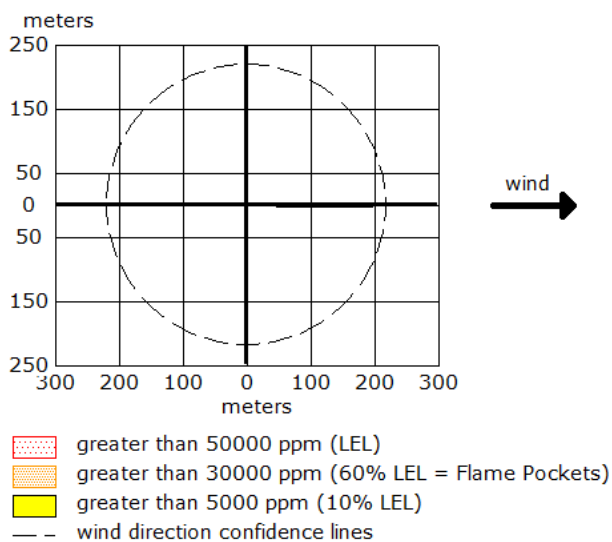
Skenario 42



Skenario 43



Skenario 44



Skenario 45

LAMPIRAN 4

Major Hazard Management Plan Worksheet

Risiko	Penyebab Kejadian	Penanggulangan Risiko		Bahaya	Penanggulangan Bahaya <i>Mitigation</i>	Monitoring Bahaya
		<i>Prevent</i>	<i>Detect/Control</i>			
Terjadi Ledakan pada Area Kilang FOC II	Kebocoran gas metana	Pengawasan yang teratur dan berkala	Pemasangan <i>leaking gas detector</i> yang terintegrasi dengan <i>control room</i> dan <i>fire station</i>	Kebocoran gas metana	Melakukan perbaikan pada titik kebocoran	Penyediaan <i>portable methane detector</i> pada kawasan penduduk
		Larangan membawa benda/alat yang dapat menghasilkan api	Pemasangan rambu peringatan untuk tidak membawa benda/alat yang dapat menghasilkan api		Penyediaan <i>portable oxygen cylinder</i> pada daerah beresiko tinggi	Pemasangan <i>leaking gas detector</i> yang terintegrasi dengan <i>control room</i> dan <i>fire station</i>
		Melakukan pelatihan pencegahan dan pengendalian kebocoran gas	Penyediaan alat keselamatan dan alat pelindung diri (APD)		Melakukan <i>emergency shut down</i> sesuai dengan prosedur yang ada	Pemasangan <i>flowmeter</i> dan <i>pressure meter</i> pada tangki dan pipa
	Kegagalan pada sistem operasi	Perawatan mesin dan instalasi kilang minyak	Pemasangan alarm pada sistem elektronik kilang	Kebakaran	Memadankan api menggunakan APAR dan <i>Fire Hydrant System</i>	Menyediakan alat pemadam kebakaran
					Memperhatikan kondisi operasi dengan menurunkan tekanan dan temperatur operasi	Memberikan personal detektor kepada setiap pekerja atau tamu yang memasuki wilayah <i>plant</i>
					Meindungi peralatan sekitar dari radiasi panas dengan menggunakan <i>water gun monitor</i>	Pemasangan <i>fire detector</i> dan <i>fire alarm</i> yang terintegrasi dengan <i>control room</i> dan seluruh zona kilang
		Melakukan penggantian komponen yang sudah tua akibat umur pemakaian operasi	Pemasangan penetrasi listrik statis yang dipasang pada tangki dan sambungan pipa		Melakukan <i>fire drill</i> secara teratur dan berkala	Penyediaan alat keselamatan dan alat pelindung diri (APD)
					Membuat bangunan yang dapat menahan api atau panas yang sangat tinggi (<i>barrier</i>)	Penyediaan rambu arah dan jalur keluar menuju <i>assembly point</i> dengan jelas

Risiko	Penyebab Kejadian	Penanggulangan Risiko		Bahaya	Penanggulangan Bahaya <i>Mitigation</i>	Monitoring Bahaya
		<i>Prevent</i>	<i>Detect/Control</i>			
Gangguan pemasangan dan kehilangan kesadaran pada manusia	Kebocoran gas metana	Pengawasan yang teratur dan berkala	Pemasangan <i>leaking gas detector</i> yang terintegrasi dengan <i>control room</i> dan <i>fire station</i>	Kebocoran gas metana	Melakukan perbaikan pada titik kebocoran	Penyediaan <i>portable methane detector</i> pada kawasan penduduk
		Larangan membawa benda/alat yang dapat menghasilkan api	Pemasangan rambu peringatan untuk tidak membawa benda/alat yang dapat menghasilkan api		Penyediaan <i>portable oxygen cylinder</i> pada daerah bersiko tinggi	Pemasangan <i>leaking gas detector</i> yang terintegrasi dengan <i>control room</i> dan <i>fire station</i>
		Melakukan pelatihan pencegahan dan pengendalian kebocoran gas	Penyediaan alat keselamatan dan alat pelindung diri (APD)		Melakukan emergency shut down sesuai dengan prosedur yang ada	Pemasangan flow meter dan pressure meter pada tangki dan pipa
	Kegagalan pada sistem operasi (<i>power failure</i>)	Perawatan mesin dan instalasi kilang minyak	Pemasangan alarm pada sistem elektronik kilang	Paparan gas metana yang membahayakan manusia	Penyediaan <i>Self Contain Breathing Apparatus</i> (SCBA) pada daerah bersiko tinggi	Pemasangan sirine yang terintegrasi dengan <i>control room</i> dan seluruh zona kilang
		Melakukan penggantian komponen yang sudah tua akibat umur pemakaian operasi	Pemasangan pemertal listrik statis yang dipasang pada tangki dan sambungan pipa		Penyediaan <i>portable oxygen</i>	Pemasangan <i>leaking gas detector</i> yang terintegrasi dengan <i>control room</i> dan <i>fire station</i>

LAMPIRAN 5

Standar Operasional Prosedur

Dilaksanakan oleh:		STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR
PT Pertamina RU IV Cilacap		
Untuk kondisi:		Kebocoran pada pipa dan Kegagalan pada sistem operasi
Tujuan	Mengurangi paparan emisi gas metana untuk mengurangi risiko timbulnya ledakan	
Referensi	Hasil analisis dispersi dengan menggunakan ALOHA 5.4.7	
Pelaksana	1	On - Scene Commander (OSC)
	2	Ground Commander
Prosedur	1	Petugas yang mengetahui atau melihat kebocoran gas melaporkan ke <i>control room</i>
	2	Laporan diteruskan ke Fire Station, Shift Superintendent dan FOC II Section Head dan menyalakan <i>fire alarm</i>
	3	Melakukan pemadaman menggunakan APAR sembari menunggu kedatangan Tim Fire Brigade
	4	Operator FOC II mempertahankan kondisi operasi dengan menurunkan tekanan dan temperatur operasi untuk mencegah kebakaran semakin besar
	5	Melindungi peralatan sekitar dari radiasi panas dengan menggunakan water gun monitor
	6	Apabila kebakaran tidak dapat ditangani, lakukan <i>emergency shut down</i> sesuai dengan prosedur yang berlaku
	7	Pegawai yang berada di sekitar lokasi segera menuju <i>assembly point</i> melalui jalur evakuasi

Dilaksanakan oleh:		STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR
Pemerintah		
Untuk kondisi:		Kebocoran pada pipa dan Kegagalan pada sistem operasi
Tujuan	Mengurangi paparan emisi gas metana untuk mengurangi risiko timbulnya ledakan	
Referensi	Hasil analisis dispersi dengan menggunakan ALOHA 5.4.7	
Pelaksana	1	Lurah - Kelurahan Lomanis
	2	Camat - Kecamatan Cilacap Tengah
Prosedur	1	Menyalakan <i>fire alarm</i> yang terintegrasi dengan <i>control room</i> dan seluruh zona kilang
	2	Menentukan arah angin dan melakukan evakuasi menuju <i>assembly point</i> dan menunggu petunjuk selanjutnya
	3	Memberikan petunjuk tentang tindakan - tindakan selanjutnya atau menunggu untuk penjemputan dengan bus menuju tempat yang lebih aman
	4	Memastikan tidak ada sumber api di daerah berisiko tinggi

Dilaksanakan oleh:		STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR
PT Pertamina RU IV Cilacap		
Untuk kondisi:		Kebocoran pada pipa dan Kegagalan pada sistem operasi
Tujuan	Mengurangi paparan emisi gas metana terhadap manusia untuk mengurangi risiko keracunan gas metana	
Referensi	Hasil analisis dispersi dengan menggunakan ALOHA 5.4.7	
Pelaksana	1	On - Scene Commander (OSC)
	2	Ground Commander
Prosedur	1	Petugas yang mengetahui atau melihat kebocoran gas melaporkan ke <i>control room</i>
	2	Laporan diteruskan ke Fire Station, Shift Superintendent dan FOC II Section Head dan menyalakan <i>fire alarm</i>
	3	Wajib menggunakan <i>Self Contain Breathing Apparatus</i> (SCBA) pada daerah berisiko tinggi
	4	Melakukan evakuasi menuju <i>assembly point</i>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Saras Hanifati Setiyono lahir di Batam pada tanggal 12 Juni 1996. Penulis memulai pendidikan formal di sekolah dasar pada tahun 2002 – 2008 di SDN Sukaresmi 06. Kemudian dilanjutkan di SMP Karya Iman pada tahun 2008 – 2011. Setelah itu melanjutkan pendidikan tingkat atas di SMAN 1 Tuban pada tahun 2011 - 2014. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 03211440000089.

Selama kuliah, penulis aktif mengikuti beberapa kegiatan kemahasiswaan, diantaranya aktif mengikuti organisasi di Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan. Selain itu penulis juga aktif mengikuti kepanitiaan berbagai kegiatan. Penulis memiliki ketertarikan pada bidang *oil* dan *gas* diterapkan dengan bekerja di JOB Pertamina Medco Tomori Sulawesi sebagai pekerja praktik selama dua bulan. Berbagai pelatihan dan seminar di bidang Teknik Lingkungan juga diikuti untuk menunjang pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi via email sarashanifati88@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

